

THESE DE DOCTORAT D'ETAT
ES SCIENCES NATURELLES

présentée

à l'Université Pierre et Marie Curie
Paris 6

par

Alain FONTENEAU

pour obtenir le grade de DOCTEUR ES SCIENCES

Sujet de la thèse:

DYNAMIQUE DE LA POPULATION D'ALBACORE
(*THUNNUS ALBACARES*, BONNATERRE 1788)
DE L'OCEAN ATLANTIQUE

Soutenu le 19 novembre 1981 devant le Jury composé de :

MM. P. BOUGIS

J. DAGET

J.C. HUREAU

A. LAUREC

J.C. LE GUEN

F. NIVAL

A. FOULMOND

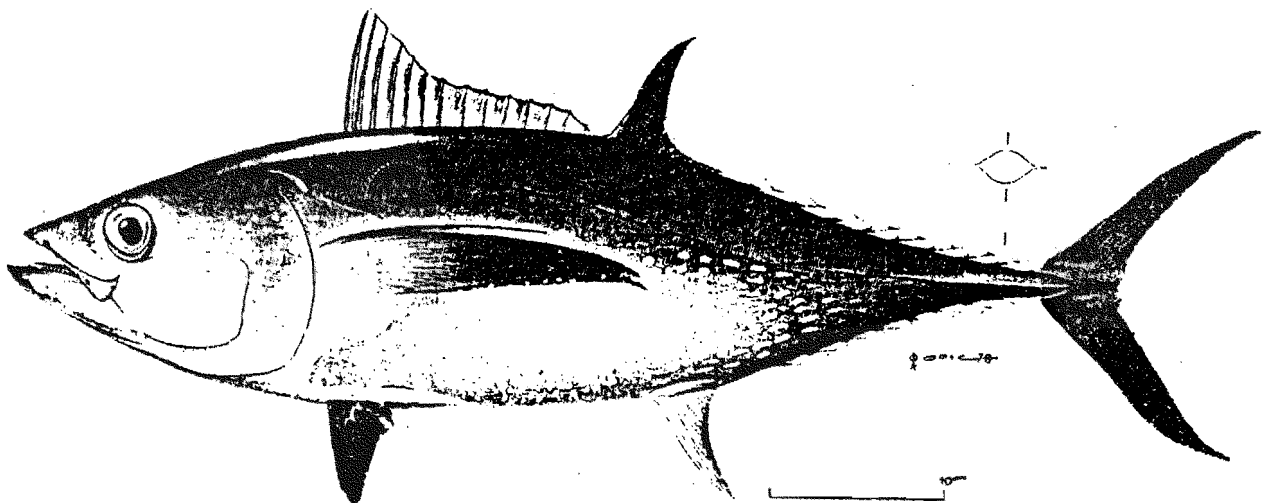
THÈSE DE DOCTORAT D'ÉTAT
ÈS SCIENCES NATURELLES

présentée

à l'Université Pierre et Marie Curie
-Paris 6-

par ALAIN FONTENEAU

pour obtenir le grade de DOCTEUR ÈS SCIENCES



Sujet de la thèse :
DYNAMIQUE DE LA POPULATION D'ALBACORE
(*THUNNUS ALBACARES*, BONNATERRE 1788)
DE L'OCEAN ATLANTIQUE

Soutenue le 19 Novembre 1981
devant le jury composé de :

MM. P. BOUGIS
J. DAGET
J.C. HUREAU
A. LAUREC
J.C. LE GUEN
P. NIVAL
A. TOULMOND

- R E M E R C I E M E N T S -

La recherche sur les thonidés est plus que toute autre un travail d'équipes nationales et internationales. Un chapitre spécial de ce travail serait nécessaire pour remercier tous ceux qui ont apporté les éléments de base à ce travail. Il m'est impossible de ne pas citer :

Les techniciens qui depuis plus de 20 ans ont mesuré dans les ports d'Afrique plusieurs centaines de milliers d'albacores : MM. PROSPER M'FINA à POINTE-NOIRE , SOKO et G. SIMON à ABIDJAN, JUSTIN DIATTA à DAKAR, les techniciens anonymes du Fishery Research Unit de TEMA. Les enquêteurs qui ont passé des journées entières traquant les capitaines pour collecter les livres de bord, dans des conditions psychologiques et matérielles le plus souvent très difficiles: MM. LE HIR, MAREG, LE FUR. Les techniciens responsables des codages et de la saisie des données : Melle SEYNABOU SENE, MM. C. AGBOVO, A. DIOP. Les programmeurs qui ont participé activement à la création de la chaine de traitement des données thonières: MM. A. DE BOISSET, F. BARBE et J.J. LE CHAUVE.

On peut sans excès affirmer que tous ont fait pour les thons plus qu'il était permis d'espérer.

Mes remerciements "collectifs" s'adressent en outre aux chercheurs et techniciens, connus ou inconnus de moi, des divers pays dont les données ont constitué la base de notre travail : JAPON, COTE D'IVOIRE, SENEGAL, CONGO, GHANA, USA, ESPAGNE.

Il m'est aussi un devoir de remercier ceux qui ont joué un rôle déterminant dans l'élaboration de ce travail.

Je me dois en tout premier lieu de citer les noms des trois pionniers de la recherche sur l'albacore atlantique : E. POSTEL, C. CHAMPAGNAT, et J.C. LE GUEN responsable actuellement du GSG. Les données collectées par ceux-ci, aux premiers stades de la pêche, les systèmes statistiques qu'ils ont mis en place, les premières analyses qu'ils ont réalisées, ont constitué pour notre travail des bases de travail et de réflexion extrêmement précieuses.

Mes vifs remerciements s'adressent aussi aux chercheurs qui ont collaboré avec moi, à un stade ou à un autre, à la réalisation de ce travail :

JEAN YVES LE GALL et E. YANEZ pour la contribution déterminante qu'ils m'ont apportée concernant la pêche palangrière.

JEAN JACQUES ALBARET pour les travaux accomplis sur la fécondité de l'albacore.

JEAN MICHEL STRETTA et MICHEL SLEPOUKHA pour les connaissances qu'ils m'ont permis d'acquérir sur la disponibilité des thons.

ALAIN CAVERIVIERE pour les synthèses qu'il a réalisées sur les larves de thons.

JACQUES MARCILLE et PATRICK SOISSON pour leur contribution brève mais déterminante à la recherche thonière atlantique.

RENAUD PIANET pour toutes les actions, informations et réflexions scientifiques accumulées par lui sur l'albacore, à mon intention.

Plusieurs éminents chercheurs m'ont aussi, par leurs discussions et leurs conseils sur la dynamique des populations beaucoup aidé à la réalisation de ce travail : MM. DAGET, W. FRANCIS, J. GULLAND, W. FOX, A. LAUREC, W. LENARZ m'ont chacun apporté des éléments décisifs de réflexion.

Je remercie aussi le professeur BOUGIS qui a toujours suivi avec intérêt la recherche halieutique et mes travaux sur les thonidés ainsi que les Docteurs NIVAL, HUREAU et TOULMOND qui ont accepté de juger ce travail. Je n'oublierai pas enfin dans mes remerciements les secrétaires qui ont réalisé la frappe de ce rapport : Mme BELLOUIS F. et Mme N'DIAYE KEBE, ni M. NIANG qui en a réalisé les dessins, tous avec un dévouement exemplaire.

Pour conclure enfin, j'adresse mes remerciements à l'ICCAT et à son dynamique secrétariat : leur activité incessante pour la cause des thons, plus spécialement les dizaines de milliers de lettres expédiées chaque année pour améliorer les statistiques et coordonner les recherches, ont été essentielles pour la réalisation de ce travail.

S O M M A I R E

REMERCIEMENTS

SOMMAIRE

CHAPITRE 1. INTRODUCTION p. 5

- 1.1. Rappel historique de la pêcherie d'albacore p. 5
- 1.2. Les recherches sur l'albacore et le présent travail p. 5
- 1.3. Présentation du travail p. 8

CHAPITRE 2. IDENTITE DES STOCKS D'ALBACORE p. 11

- 2.1. Généralités p. 11
- 2.2. Mélanges géographiques p.12
- 2.3. Hétérogénéité verticale p. 23
- 2.4. Conclusion p.33

CHAPITRE 3. LA CROISSANCE DE L'ALBACORE p. 34

- 3.1. Position du problème P. 34
- 3.2. Eléments nouveaux relatifs à la croissance de l'albacore P. 35
- 3.3. Discussion de la croissance p.39
- 3.4. Conclusion p. 48

CHAPITRE 4. EFFORT DE PECHE DES PECHERIES THONIERES INTERTROPICALES p. 50

- 4.1. Généralité sur la complexité de la notion d'effort de pêche dans la pêcherie d'albacore p.50
- 4.2. Analyse de l'effort de pêche des engins de surface P. 56
- 4.3. Conclusion sur l'effort de pêche des flottilles thonières p. 80

CHAPITRE 5. ANALYSE DES COHORTES P. 81

- 5.1. Généralités p. 81
- 5.2. Données utilisées et hypothèses p. 81
- 5.3. Résultats p. 87
- 5.4. Examen des biais potentiels de l'analyse des cohortes p. 92
- 5.5. Conclusion p. 99

CHAPITRE 6. LE RECRUTEMENT p. 101

- 6.1. Introduction p. 101
- 6.2. Méthode d'estimation de la variation du recrutement p. 102
- 6.3. Discussion sur la variabilité du recrutement chez l'albacore p. 125

CHAPITRE 7. ANALYSE DE PRODUCTION PAR RECRUE p. 150

- 7.1. Introduction p. 130
- 7.2. Rappel de la méthode de Ricker p. 131
- 7.3. Calculs et résultats p. 131
- 7.4. Conclusion p.138

CHAPITRE 8. L'APPROCHE MONOSPECIFIQUE DE LA DYNAMIQUE DES POPULATIONS D'ALBACORE BIOLOGIQUEMENT REALISTE ? p. 139

- 8.1. Introduction p. 139
- 8.2. Evolution des proies de l'albacore p. 140
- 8.3. Evolution des compétiteurs de l'albacore p. 143
- 8.4. Evolution des prédateurs de l'albacore p.143
- 8.5. Conclusion p. 144

CHAPITRE 9. MODELISATION DE LA PECHERIE D'ALBACORE p. 145

- 9.1. Introduction à la notion de modèle p. 145
- 9.2. Le modèle global généralisé p. 146
- 9.3. Description générale du modèle de simulation p. 152
- 9.4. Description analytique du modèle p. 154
- 9.5. Estimation des paramètres p. 158
- 9.6. Quelques simulations p. 163
- 9.7. Conclusions et perspectives sur la modélisation de la pêche
d'albacore. p. 172

CHAPITRE 10. CONCLUSION p. 174.

- BIBLIOGRAPHIE p. 182
- SOMMAIRE DES TABLEAUX p. 219
- SOMMAIRE DES FIGURES p. 225
- TABLEAUX HORS TEXTE p. 232
- FIGURES p. 272

CHAPITRE 1 - INTRODUCTION A LA GESTION DE LA POPULATION D'ALBACORE
DE L'ATLANTIQUE (THUNNUS ALBACARES).

1.1. BREF RAPPEL DE L'HISTORIQUE DE LA PECHE DE L'ALBACORE.

La pêche de l'albacore dans l'Atlantique est une activité industrielle récente. Cette pêche n'a pris son essor qu'à partir de 1953 : à cette date les premiers thoniers de l'Ile de Groix explorent à la voile le golfe de Guinée et y capturent des albacores à la ligne de traîne. Dès 1955, les français avec une flottille de canneurs à appât vivant et les japonais avec des palangriers, pratiquent cette pêche à l'échelle industrielle. Depuis lors, la pêche à l'albacore a été en constant développement. A partir de 1962, apparaît une technique de pêche nouvelle dans l'Atlantique, la senna ; celle-ci aura un développement considérable, pour devenir en 1980 la principale méthode de capture des albacores.

Les grands senneurs actuels, une centaine d'unités, sont des bateaux climatisés, transportant souvent plus de 1 000 tonnes de thons et capables de rester plusieurs mois en mer. En 1980, une quinzaine de pays pêchent l'albacore à une échelle industrielle et débarquent annuellement près de 120 000 tonnes métriques de cette espèce. On trouvera un historique plus complet de la pêcherie dans YANEZ (1980). Les tableaux de prises par zone et engin (Tableau 30), d'effort de pêche (Tableau 18) et de prises par âge (Tableau 33) traduisent bien l'évolution des pêcheries.

Du fait de l'effort de pêche croissant exercé sur l'albacore, les préoccupations concernant la conservation et la gestion rationnelle de cette ressource se sont accrues, et expliquent l'importance des recherches menées sur cette espèce.

1.2. LES RECHERCHES SUR L'ALBACORE ET LE PRESENT TRAVAIL.

De très nombreux travaux ont été effectués sur l'albacore. Jusqu'à une date récente toutefois, ces recherches avaient un caractère essentiellement biologique. L'essor récent de cette recherche, et son orientation marquée vers la dynamique des populations et la gestion de la ressource, sont liés intimement aux travaux de la Commission Internationale pour la Conservation des Thonidés (ICCAT), commission créée en 1966 et en activité depuis 1969.

Les premières inquiétudes sur l'état des stocks d'albacore résultaient de la forte baisse des rendements des palangriers. Elles ont conduit la FAO à réunir dès 1968, à Miami, un groupe d'experts chargé d'analyser l'état des stocks d'albacores. La deuxième tentative pour analyser l'état des stocks d'albacores en intégrant toutes les pêcheries est ensuite réalisée en 1972 par le groupe de travail ICCAT d'Abidjan.

Les conditions des études sur l'albacore atlantique se caractérisent, par l'existence de certains facteurs extrêmement favorables à l'étude de cette espèce, associés à un certain nombre de problèmes classiques dans l'étude des thonidés.

Les difficultés majeures seront dues :

- au caractère migratoire de l'espèce qui, selon toute vraisemblance, effectue d'importantes migrations au cours de sa vie, au moins à partir d'un certain âge.

- au caractère multispécifique des pêcheries, l'albacore étant pêché en mélange avec une dizaine d'espèces.

- à la nature "insaisissable" de l'effort de pêche dans les pêcheries de thonidés, associée à l'hétérogénéité de la distribution géographique de l'espèce, qui rendent très difficiles les estimations de l'abondance du stock à partir des prises par unité d'effort. En outre, il n'existe pas pour l'albacore de méthode directe d'estimation de l'abondance.

- à la difficulté d'utiliser efficacement les navires de recherche pour obtenir des informations indépendantes des pêcheries, par suite de la vaste aire de distribution de l'espèce ; les navires de recherche ne permettent que des actions de recherche très ponctuelles dans le temps et l'espace, de type marquage ou étude d'un phénomène écologique local.

- à l'existence de flottes de pêche très hétérogènes exploitant chacune cette espèce à des âges et dans des zones très différents, ce qui rend difficile un bon usage des modèles classiques de dynamique des populations.

- à l'extraordinaire masse d'informations qu'il est nécessaire de gérer et d'analyser, demandant des moyens informatiques considérables, sur le plan matériel et humain. Cela rend très difficile tout travail de synthèse et explique qu'aucune étude globale n'ait été réalisée sur cette espèce en dépit de l'importance du problème.

A ces difficultés, on pourra opposer un ensemble de conditions très favorables à une approche de la dynamique de l'espèce dans l'océan Atlantique :

- l'existence d'une distribution géographique finie, dans une zone limitée à l'ouest par le continent américain, à l'est par le continent africain, au nord et au sud par des eaux froides que l'espèce n'est pas physiologiquement en mesure de coloniser. Il s'agit là d'une situation très favorable si on la compare à celle de l'albacore de l'Indopacifique qui est distribué sur une zone immense, rendant utopique une étude exhaustive du problème.

- l'exploitation d'un stock resté vierge jusqu'à une date récente (1955), par des pêcheries qui ont fourni durant toute leur activité des statistiques de pêche détaillées sur leurs prises, leurs efforts de pêche et les tailles des poissons capturés. Le volume et la qualité des données récoltées sur l'albacore de l'Atlantique sont ainsi véritablement exceptionnels : trois jeux de données extrêmement précises et complètes sur les pêcheries historiques constituent des références précieuses. Il s'agit d'une part des statistiques palangrières japonaises mises en place et publiées par le Far Seas Research Laboratory de Shimizu, d'autre part des systèmes statistiques mis en place pour les pêcheries de surface par les chercheurs de l'ORSTOM à Pointe-Noire (LE GUEN, POINSARD, TROADEC) et à Dakar (CHAMPAGNAT). Ces trois systèmes ont depuis lors continué de donner les éléments de base à l'évaluation des ressources.

- la présence de flottilles importantes et très diversifiées, couvrant presque toute la zone de distribution et exploitant toutes les tailles de l'espèce. En outre, ces flottilles très différenciées ont, au fil des années, exercé des stratégies de pêche très variées, apportant ainsi aux scientifiques une information très riche. Dans un certain sens, les scénarios de pêche ainsi exercés sur l'albacore de l'Atlantique n'ont certainement pas été très différents de ceux qu'auraient pu concevoir un scientifique cherchant à tester expérimentalement la dynamique de l'espèce et la réponse des stocks à la prédation halieutique.

- l'existence de bonnes connaissances sur la biologie de l'espace acquises progressivement depuis une trentaine d'années.

Dans les conditions particulières actuelles des pêcheries et des recherches en cours, le but de notre travail ne sera pas une étude synoptique classique sur l'albacore de l'Atlantique, mais une analyse approfondie des problèmes de biologie et de dynamique, avec pour objectif une tentative de leur modélisation en vue de la gestion rationnelle de cette ressource.

Dans son utilisation immédiate du modèle, le scientifique demandera à celui-ci de synthétiser toutes les informations disponibles et de poser des questions nouvelles, plus que de lui apporter des réponses définitives. Au gré de ce processus itératif, l'objectif sera d'obtenir à moyen terme un modèle réaliste.

Ce travail aura donc pour objectif d'analyser toutes les données relatives à la biologie et à la dynamique de l'albacore, d'extraire celles jugées essentielles à la compréhension de la dynamique de la population et de modéliser son exploitation. L'objectif à moyen terme est de disposer d'un outil prévisionnel fiable, permettant de maîtriser les critères biologiques essentiels pour la gestion de la ressource.

1.3. PRESENTATION DU TRAVAIL.

Du fait de l'étendue des problèmes critiques à considérer un certain nombre de chapitres "classiques" dans ce type de travail n'ont pas été traités, quand ceux-ci étaient sans rapport direct avec les objectifs de l'étude. La position systématique de l'albacore ne sera ainsi pas discutée. La description de l'océanographie physique de la zone de distribution de l'albacore ne sera pas non plus faite en tant que telle mais simplement évoquée dans son interaction avec la dynamique de la population.

L'étude se consacrera d'abord à un problème biologique d'une importance capitale : l'identité des stocks. Il s'avère en effet que la plupart des diagnostics sur l'état des stocks reposeront sur des hypothèses afférentes à leur identité. De même l'identité des stocks aura un impact considérable quant aux conséquences qui résulteront de mesures d'aménagement de la ressource. Les incertitudes sont considérables dans ce domaine et ce chapitre tentera de faire la synthèse de toutes les informations disponibles.

La croissance de l'albacore sera ensuite analysée et discutée. La croissance est un paramètre biologique d'une extrême importance pour une espèce à fort potentiel de croissance comme l'albacore ; en effet, de la croissance des individus dépendront, entre autres, les bénéfices à attendre d'une réglementation de la taille à la première capture. La loi de croissance classiquement acceptée pour l'albacore sera ainsi discutée au vu des informations les plus récentes.

L'effort de pêche des flottilles capturant l'albacore sera ensuite analysé, spécialement celui de la flottille des senneurs franco-ivoiro-sénégal-marocains (FISM), flottille très importante qui capture près de la moitié des prises d'albacore et pour laquelle existe le plus d'informations fines. L'effort de pêche est une notion particulièrement complexe dans le cas de la pêche thonière. Son analyse est indispensable, tant pour estimer les variations d'abondance du stock que pour mettre en relation l'effort de pêche nominal et la mortalité par pêche.

Le problème du recrutement sera ensuite discuté.

Une méthode destinée à estimer l'importance relative des différentes classes d'âge sera ensuite proposée et discutée ; ses résultats seront également discutés.

La mortalité par pêche subie par les différentes classes d'âge de la population d'albacore depuis 1956 sera ensuite estimée indépendamment de l'effort de pêche, par analyse des cohortes. Les nombreux biais potentiels de la méthode seront discutés et une analyse de sensibilité de la technique aux erreurs commises sur les paramètres d'entrée sera réalisée.

Utilisant les résultats de l'analyse des cohortes une estimation de la production par recrue équilibrée sera réalisée par le modèle de RICKER. Cette analyse n'aura qu'un but général, celui d'estimer les effets à escompter d'une limite de taille à la première capture en fonction des informations actuellement admises et des incertitudes qui demeurent.

La validité de l'hypothèse d'un modèle de gestion monospécifique pour l'albacore est ensuite discutée. Cette hypothèse s'est en effet révélée fautive pour la gestion de nombreux stocks, soit par suite de la variabilité du milieu, soit par suite des interactions entre espèces.

Le modèle global sous sa forme généralisée, PELLA TOMLINSON (1969), sera ensuite employé pour analyser la relation entre abondance, prise et effort de pêche et estimer le niveau d'exploitation actuel de la population.

Enfin intégrant l'ensemble des concepts et des paramètres jugés essentiels, un modèle de simulation de la pêcherie d'albacore de l'Atlantique sera développé et présenté. Ce modèle multiengins et multizones a pour objectif d'être l'outil futur pour la gestion rationnelle de cette ressource.

La conclusion fera enfin le bilan des connaissances acquises et tentera de dégager les tendances prospectives en matière de recherche et de gestion de l'espèce.

CHAPITRE 2 - IDENTITE DES STOCKS D'ALBACORE .

2-1 GENERALITES

L'albacore de l'Atlantique est un thonidé pélagique hauturier, principalement distribué dans la zone comprise entre 20° N et 20° S. On admet couramment que c'est un poisson hautement migrateur, bien que les recaptures d'albacores marqués n'aient jamais mis en évidence de migrations transocéaniques, contrairement à d'autres espèces (listao, thon rouge, germon).

Le problème est d'estimer quantitativement l'importance de ces migrations : en effet, du point de vue de la dynamique des populations, si les migrations sont très rapides et importantes, on pourra considérer que l'exploitation de l'albacore atlantique porte sur un stock unitaire, qui devra être géré comme tel. Au contraire, si les migrations sont lentes et statistiquement peu importantes, il sera possible de gérer séparément, par exemple sur une base régionale, chaque unité de stock qui sera jugée suffisamment isolée.

En outre, on doit noter que les diagnostics sur l'état des stocks sont souvent très différents selon les hypothèses relatives à l'identité des stocks.

Le problème de l'identité des stocks d'albacores peut être posé de deux manières :

a) - selon une stratification géographique classique. Diverses méthodes ont été utilisées en vue d'analyser l'hétérogénéité de la population : marquages, parasitologie, structure de tailles, biométrie, distribution des larves, variations spatio-temporelles de l'abondance, génétique. Les résultats seront discutés au § 2-2.

b) - selon une stratification verticale en profondeur. Il s'agit en particulier de déterminer si les gros albacores capturés par les palangres vers 80 à 200 m de profondeur et ceux exploités par les pêcheries à la senne dans la couche superficielle de 0 à 70 m, constituent un même stock. Peu de méthodes sont utilisables pour analyser cette hétérogénéité : examen de l'état physiologique (en particulier maturité sexuelle), et analyse des tailles, variations d'abondance et marquages. Les résultats obtenus sont analysés au § 2-3.

2-2 IDENTITE DES STOCKS : MELANGES GEOGRAPHIQUES.

De nombreuses études ont été réalisées utilisant diverses méthodes.

2-2-1 Résultats des marquages.

La preuve la plus directe d'une migration est obtenue par la recapture d'un poisson marqué à une certaine distance de la position de son marquage. Les marquages d'albacores dans l'océan atlantique ont été réalisés par les chercheurs de l'ORSTOM du centre de Pointe Noire de 1971 à 1976. Au total 8 537 albacores ont été marqués et parmi ceux-ci 594 recapturés (7.0%).

Exception faite de deux campagnes dans le secteur d'Abidjan (589 albacores marqués), tous les marquages ont été réalisés dans la zone côtière du secteur de Pointe Noire : ainsi la majorité des marquages a été faite au nord de l'équateur et à l'est de 5° E (59 %), ainsi que dans le carré 5° X 5° situé immédiatement au sud du précédent (30 % des marquages). La figure 1 montre la distribution géographique des marquages par carré de 5° de côté.

Les albacores marqués sont en moyenne de petite taille comme le montre la figure 2 ; ainsi 65 % des albacores marqués pèsent moins de 5 kg, tout en étant rarement d'un poids inférieur à 3.2 kg (25 % des albacores marqués). Les plus gros individus ne dépassent pas 35 kg. En outre, on note (fig. 3) que la plupart des marquages ont eu lieu pendant la principale saison de pêche du secteur considéré, c'est-à-dire de juin à septembre (79 % des marquages). En dépit de ces limites, les marquages ont fourni un certain nombre de résultats concernant l'identité des stocks d'albacores.

En premier lieu, les jeunes albacores exploités dans le secteur de Pointe Noire de 5° au nord à 5° sud, apparaissent comme un stock homogène ayant peu de mélanges avec le secteur voisin d'Abidjan, pour les tailles d'albacores concernées par les marquages. Ce stock individualisé effectue saisonnièrement des migrations du nord au sud.

L'isolement relatif du stock de jeunes albacores de Pointe Noire semble montré par le fait que seulement 9 % des albacores marqués dans le secteur de Pointe Noire et recapturés après plus de 2 mois de liberté, l'ont été dans d'autres secteurs (tabl. 1).

Tableau 1 : Zone de marquage et de recapture des albacores restés plus de 2 mois en liberté.

| | Zone de recapture (Zone ICCAT) | | | |
|------------------------|--------------------------------|---------|-------|-------|
| | Pointe Noire | Abidjan | Dakar | Large |
| Marquages Abidjan | 1 | 4 | 3 | 0 |
| Marquages Pointe Noire | 89 | 6 | 2 | 0 |

Cette constatation prend toute sa signification si l'on se rappelle que l'effort de pêche est toujours élevé dans le secteur d'Abidjan (canneurs basés à Tema et senneurs basés à Abidjan). Au sein du secteur de Pointe Noire, il apparaît par contre que les jeunes albacores présents au nord et au sud du Cap Lopez constituent un groupe unique dont les individus effectuent des migrations saisonnières en suivant le déplacement des masses d'eaux chaudes. La composante nord-sud des mouvements apparaît dominante dans ce secteur. Parmi les 89 albacores marqués dans le secteur et recapturés après plus de deux mois de liberté, 68 avaient effectué des déplacements nord-sud contre 21 des déplacements est-ouest.

Le caractère saisonnier des déplacements apparaît sur un graphique représentant la distance parcourue en fonction du temps : jusqu'à 3 mois de liberté la distance parcourue est faible (moyenne = 129 milles). On distingue dans ce groupe deux catégories de poissons (fig. 4) : un certain nombre d'individus restent proches de l'endroit du marquage, alors que d'autres migrent rapidement. L'examen des distances parcourues en fonction de la taille des poissons demeurés de 20 à 90 jours en liberté, suggère que ce sont les albacores de petite taille (moins de 60 cm) qui semblent les plus sédentaires, exception faite de quelques individus ayant parcouru de grandes distances (600 milles) mais dont l'identification spécifique est douteuse et qui pourraient être des patudos.

La distance parcourue est maximale entre 3 et 9 mois de liberté (distance moyenne : 241 milles) ; on note que cet accroissement de la distance moyenne parcourue résulte principalement de la disparition dans les recaptures des poissons "sédentaires". Par contre les albacores recapturés après une année de liberté (10 à 14 mois plus tard) sont situés en moyenne près de la zone de leur marquage (distance moyenne = 128 milles).

La saisonnalité des migrations côtières apparaît aussi sur un graphique (fig. 5) mettant en relation les latitudes et mois de marquage et de recapture, pour tous les albacores ayant un mouvement nord-sud ou sud-nord et étant restés plus de 60 jours en liberté. On observe que les albacores marqués de 3° N à 1° S de juin à septembre ont souvent un mouvement rapide vers le sud durant les deux à quatre mois qui suivent leur marquage. Ils sont également recapturés 10 à 14 mois plus tard dans la zone de pêche principale des marquages. Ce mouvement apparent de la population vers le sud est en grande partie dû à l'effort de pêche important exercé entre l'équateur et 2° sud. Comme il apparaît (fig. 6) sur la distribution en latitude des prises de la flottille FIS. Ceci laisse penser qu'il existe dans le secteur côtier de Pointe-Noire un fort taux de mélange des individus. Pour interpréter dans le détail les conséquences de la distribution géographique de l'effort de pêche il eut été souhaitable d'employer une méthode du type de celle décrite par JONES (1959 et 1966) et adaptée à l'albacore du Pacifique par BAYLIFF et al (1974). Cette méthode permet de corriger les migrations observées par la distribution temporelle et géographique de l'effort de pêche. Son emploi dans le cas présent est malheureusement rendu très difficile par les carences statistiques de certaines flottilles importantes.

Dans le secteur d'Abidjan, bien que les marquages aient été réduits en nombre, les migrations semblent importantes et suggèrent que ce secteur est pour l'albacore une zone de passage. Ceci semble indiqué par le fait que sur les 8 albacores recapturés à partir des marquages dans ce secteur, 4 l'ont été dans d'autres secteurs : 3 dans la zone Dakar et 1 à Pointe-Noire (tableau 1). Ce résultat est bien sûr très fragmentaire et demanderait à être confirmé par des marquages plus importants. Notons toutefois que cette hypothèse concorde avec les observations de prises et prises par unité d'effort, qui montrent une forte variabilité saisonnière dans le secteur d'Abidjan et celles sur la structure de taille des captures qui est en général beaucoup plus hétérogène que dans le secteur de Pointe-Noire.

2.2.2. Tailles des poissons capturés.

L'analyse des variations spatio-temporelles de la taille des individus capturés peut fournir des éléments intéressants concernant l'identité des stocks. En particulier chez les grands senneurs, on peut estimer que la distribution spatio-temporelle des prises par taille traduit sans biais majeur la distribution réelle des différentes tailles présentes dans les couches superficielles. Cette présomption se

fonde d'une part sur le fait que les flottilles de grands senneurs exploitent actuellement presque en permanence tout l'Atlantique de l'Est, donc que des concentrations importantes de thons ont peu de chances de rester inexploitées; d'autre part il apparaît qu'à partir de 2,5 kg environ, toutes les tailles d'albacores sont susceptibles d'être capturées par les senneurs.

Deux approches complémentaires peuvent être envisagées pour l'étude de ces résultats :

a) l'analyse de la distribution spatio-temporelle des différentes catégories de tailles. Elle montre que chacune des tailles d'albacores n'est pas distribuée en permanence dans l'ensemble de la zone de pêche. Au contraire on constate une ségrégation spatio-temporelle assez marquée des différentes tailles :

- les albacores de très petite taille, par exemple moins de 3,2 kg, sont capturés presque exclusivement au large de la Côte d'Ivoire, du Ghana, dans le secteur des îles et du Cap Lopez.

- ceux de taille moyenne, par exemple de 3,2 à 30 kg, sont surtout capturés dans toute la zone côtière entre la Mauritanie et l'Angola, rarement à plus d'une centaine de milles nautiques de la côte ou des îles.

L'analyse des prises par secteur de 1° et par quinzaine de pêche suggère que ces poissons effectuent des migrations saisonnières du nord au sud et se concentrent préférentiellement dans les zones frontales.

Les plus fortes concentrations de ces tailles d'albacores se rencontrent surtout dans les secteurs de Dakar, du Cap Lopez et du Ghana au niveau des zones frontales. On note aussi que ni les juvéniles, ni les albacores de taille moyenne n'ont été capturés dans l'Atlantique central.

Ceci diminue la vraisemblance de l'hypothèse d'un recrutement transocéanique d'albacores de taille moyenne, originaires par exemple de l'Atlantique ouest et migrant dans le secteur côtier de Dakar.

- les albacores de grande taille, plus de 30 kg par exemple, sont capturés selon les saisons, soit dans les secteurs du large où ils sont seuls présents dans les prises, soit dans les zones côtières en mélange avec des albacores de tailles plus petites.

Au vu de ces observations sur la distribution géographique des tailles, on peut donc faire l'hypothèse que les albacores juvéniles sont principalement concentrés dans une zone côtière au fond du Golfe de Guinée, au large du Ghana (zone de ponte probable). Entre 3 et 5 kg, ils se dispersent progressivement en deux groupes qui lon-

gent les côtes vers le nord (Sénégal) et vers le sud (Angola). Ils gagnent ensuite la zone du large et l'Atlantique central ; ils reviennent alors saisonnièrement dans le Golfe de Guinée en effectuant des migrations de deux types :

- **trophique** dans les zones d'upwelling et de fronts, par exemple en août et septembre dans le secteur du Cap des Trois Pointes ou de juin à août dans la zone du Cap Lopez. (fig. 35 et 36).

- de reproduction dans la zone centrale du fond du Golfe de Guinée de décembre à mars.

b) la comparaison des fréquences de tailles des captures provenant des divers secteurs.

Les mensurations d'albacores effectuées sur la flottille franco-ivoiro-sénégal-marocaine (FISM) ont été analysées dans ce sens. Les résultats ont été utilisés pour cette analyse sous la forme des mensurations brutes (tous engins), par mois et par secteur de 1969 à 1977. Ce résultat ne sera pas joint du fait du volume excessif de cette information.

On constate que les modes des albacores ayant moins de 35 cm de longueur prédorsale, soit 125 cm de longueur à la fourche, ont les caractéristiques suivantes :

- les modes sont en général bien marqués et bien séparés.
- les filiations modales sont aisées à déterminer, le plus souvent sans ambiguïté. On constate en outre que les modes sont, un mois donné d'une année à l'autre, à une position très proche.

Ces observations nous ont conduit à cumuler, dans chaque secteur, les mensurations mensuelles de la période 1969 à 1977, dans le but de dégager la tendance moyenne des modes mensuels dans les 3 secteurs côtiers.

Ce résultat est représenté schématiquement sur la figure 8. Les classes de 1 cm de longueur prédorsale ont été hiérarchisées en 4 groupes (+ 5 % de la distribution mensuelle, de 3 à 5 %, de 1 à 3 % et moins de 1 %, afin de mettre en relief les modes, et par opposition les classes ayant en moyenne très peu d'individus.

On constate que, même après un tel regroupement, les structures modales et leur déplacement apparent apparaissent nettement entre 2,2 kg, taille au recrutement pour la flottille FISM, jusqu'à une quarantaine de kilogrammes ($LD_1 = 35$ cm). On peut y distinguer deux phases :

- En janvier de l'année de recrutement par la flottille FISM, les albacores mesurent environ 45 cm (longueur à la fourche) ; le mode recruté se déplace ensuite

pour atteindre 65 cm en décembre de la première année, avec des positions mensuelles très voisines dans les trois secteurs. L'analogie des positions mensuelles des modes juvéniles dans les trois secteurs suggère l'existence d'une origine commune et laisse penser que la ponte a lieu durant une période limitée de l'année, peu variable d'une année à l'autre. Cette hypothèse est par ailleurs étayée par les observations d'ALBARET(1977) sur la ponte de l'albacore.

Cet auteur constate en effet, durant 3 années, l'existence d'une ponte annuelle à une date très régulière, de décembre à février. On doit toutefois envisager que cette identité des tailles capturées dans les trois secteurs résulte d'un biais commun de sélectivité des techniques de pêche ou du fait que la pêcherie exploite des albacores nés à une même date, sans être nécessairement issus d'une même zone de ponte.

- Entre janvier et décembre de la deuxième année d'exploitation, pour des tailles modales comprises entre 65 et 125 cm (longueur à la fourche), on constate que le déplacement des modes est très rapide. On note en outre que dans les trois sous-secteurs du Golfe de Guinée, ce mode est le plus souvent bien séparé du mode précédent ainsi que des tailles plus grandes.

Par ailleurs les modes secondaires évoqués par CHAMPAGNAT (1973) dans le secteur de Dakar apparaissent bien distincts, mais sont proches des modes traditionnels observés dans le secteur de Pointe-Noire.

Ils semblent être explicables plutôt par une croissance plus lente dans le secteur de Dakar entre 65 et 125 cm, lors de la phase de croissance rapide (§ 3). Les véritables modes intermédiaires interprétés comme une autre cohorte ayant une date de naissance séparée de 6 mois, s'observent nettement avec une faible abondance relative (par exemple de 1964 à 1967, en 1969 et en 1972), et dans le secteur de Dakar exclusivement.

Quelle que soit l'origine de ces modes intermédiaires, la consistance dans le temps, de modes sensiblement distincts dans les secteurs de Dakar et de Pointe-Noire, traduit vraisemblablement un certain isolement de ces groupes de poissons, au moins pour les tailles considérées. On peut admettre en effet qu'un fort taux de mélange entre ces deux sous-secteurs, aurait pour effet de rendre homogènes les tailles capturées.

En ce qui concerne le sous-secteur central d'Abidjan, la structure des modes y apparaît très comparable à celle observée dans le secteur de Pointe-Noire. On y note toutefois parfois la présence, pendant de courtes périodes de 2 à 3 mois, de modes typiques du secteur de Dakar.

En conclusion, l'analyse des mensurations conduit à retenir comme vraisemblables les hypothèses de travail suivantes :

- il existe probablement pour les trois zones de Dakar, Abidjan et Pointe Noire, une même source principale de recrutement en albacores, très vraisemblablement issue des pontes ayant lieu au premier trimestre dans le Golfe de Guinée. Les juvéniles demeurent concentrés au large du Ghana jusqu'à une taille voisine de 50 cm (longueur fourche).

- les albacores se séparent vers 45 à 55 cm de longueur, en deux groupes principaux dans les secteurs de Dakar et de Pointe Noire, où ils demeurent relativement isolés, au moins jusqu'à 120 cm. L'hypothèse de l'immigration dans le secteur de Dakar d'albacores de 55 cm-120 cm issus d'une autre unité de reproduction, ne peut être éliminée, mais elle apparaît comme étant assez peu probable; les différences dans la position des modes semblent en effet être facilement expliquées par des différences de croissance liées à la zone, aucune capture importante de juvéniles n'ayant été réalisée dans les zones du large. L'hypothèse de pontes sporadiques au 3ème trimestre dans le secteur de Dakar peut aussi être retenue.

2.2.3. Variations géographiques des prises par unité d'effort des palangriers

Les statistiques palangrières japonaises donnent des indications intéressantes sur les variations de concentration apparentes de la population des gros albacores.

Les figures 9 à 20 schématisent la p.u.e. moyenne dans la période 1956 à 1965. Pendant cette période, on peut raisonnablement admettre que les palangriers japonais recherchaient préférentiellement l'albacore. Par ailleurs, on sait que la flottille japonaise a rapidement acquis une connaissance très précise des concentrations spatio-temporelles de thons dans l'Atlantique, grâce à l'importance de sa flottille (plusieurs centaines de palangriers) et à sa tactique de pêche; on peut donc admettre en conséquence que toutes les concentrations importantes d'albacores exploitables à la palangre dans l'Atlantique sont localisées sur ces cartes, et que les zones vierges sans effort de pêche significatif correspondent très vraisemblablement à des zones de faible abondance.

Les variations saisonnières de la p.u.e. dans chaque zone sont importantes : on constate que les p.u.e. maximales sont observées de janvier à avril dans le Golfe de Guinée et en été (juin et juillet) au large du Brésil d'une part, et des îles du

Cap Vert d'autre part.

Ces variations de p.u.e. sont interprétables de différentes manières :

1 - Variations de la capturabilité des individus : une même biomasse de poisson peut devenir plus vulnérable à l'engin de pêche (ici, la palangre), soit par suite d'un changement dans les conditions hydrologiques (par exemple remontée de la thermocline), soit par suite d'une modification de l'état physiologique et du comportement alimentaire du poisson (par exemple lors des périodes d'activité sexuelle).

2 - Variations réelles de la biomasse présente par unité de surface (densité) : les variations de densité résultent soit de migrations saisonnières de la population ou d'une partie de la population, soit d'une réduction du stock résultant de l'activité des pêcheries.

Bien que ces deux composantes contribuent probablement à expliquer les variations de p.u.e., la composante migratoire est vraisemblablement dominante pour expliquer les importantes variations de p.u.e. qui sont observées.

Si on admet que les variations de p.u.e. correspondent à des migrations de populations, les données de la pêche palangrière permettent, moyennant certaines hypothèses supplémentaires, d'obtenir des estimations sur l'importance des migrations interzones des albacores de grande taille.

La zone comprise entre 20° N et 15° S à l'est de 70° ouest a été choisie comme étant la zone de distribution de l'espèce au sein de laquelle les p.u.e. sont significatives, la biomasse du stock dans les autres zones étant jugée négligeable. Au sein de cette zone, l'abondance du stock sera calculée dans chacun des 3 sous-secteurs Atlantique ouest, Atlantique central et Golfe de Guinée, définis sur la figure 21. Il est nécessaire de faire certaines hypothèses sur l'abondance dans les zones sans effort de pêche. Deux hypothèses ont été utilisées :

- hypothèse (1) : la biomasse des albacores dans les carrés de 5° X 5° sans effort de pêche est nulle.

- hypothèse (2) : l'abondance dans les carrés 5° X 5° sans effort de pêche, est identique à l'abondance dans les carrés du même secteur où un effort de pêche a été exercé.

Dans les deux cas, l'abondance totale dans l'Atlantique a été exprimée chaque trimestre à un niveau 100, et l'abondance dans chaque zone est exprimée par rapport à cette valeur.

Le tableau 2 montre la variation de la p.u.e. mensuelle pour les trois sous-secteurs considérés. Le tableau 3 et la figure 22 montrent l'estimation de la variation de biomasse qui en est déduite, selon l'hypothèse faite sur l'abondance dans les carrés non explorés.

Tableau 3 : Estimation de la proportion de la biomasse d'albacores présente trimestriellement dans 3 sous-secteurs (figure 21) selon l'hypothèse retenue pour estimer l'abondance dans les carrés non explorés.

| Trim. | Atl. Ouest | | Atl. Central | | Golfe de Guinée | | Total Atlantique | |
|-------|------------|----------|--------------|----------|-----------------|----------|------------------|----------|
| | Hyp. (1) | Hyp. (2) | Hyp. (1) | Hyp. (2) | Hyp. (1) | Hyp. (2) | Hyp. (1) | Hyp. (2) |
| 1 | 10 | 21 | 27 | 29 | 63 | 50 | 100 | 100 |
| 2 | 36 | 33 | 30 | 30 | 34 | 31 | 100 | 100 |
| 3 | 55 | 41 | 27 | 42 | 18 | 18 | 100 | 100 |
| 4 | 38 | 50 | 29 | 22 | 33 | 27 | 100 | 100 |

On constate que les résultats sont peu différents selon l'hypothèse relative aux carrés sans effort de pêche. On note que les variations saisonnières de l'abondance sont faibles dans la zone centrale. L'abondance est maximale au 1er trimestre dans le Golfe de Guinée et aux 3e et 4e trimestre dans le secteur de l'Atlantique de l'Ouest.

Ces résultats permettent d'estimer des taux saisonniers de migrations entre secteurs voisins (Tableau 4). Ces taux **suggèrent** des mélanges importants entre les groupes d'albacores des trois secteurs. Ces estimations des taux des migrations sont vraisemblablement surestimées par suite des variations des conditions hydrologiques qui ont nécessairement pour effet d'accentuer les variations de la biomasse apparente locale.

Tableau 4 : Pourcentage de la population de chaque zone migrant entre les trois secteurs à la fin de chaque trimestre (selon l'hypothèse retenue pour les carrés 5 x 5 sans effort de pêche).

| <u>Hypothèse (1)</u> | | | | <u>Hypothèse (2)</u> | | | |
|----------------------|-------|--------|------|----------------------|-------|--------|------|
| Trim. | Ouest | Centre | Est | Trim. | Ouest | Centre | Est |
| 1 | | | | 1 | | | |
| 2 | ← 26 | ← 29 | | 2 | ← 18 | ← 19 | |
| 3 | ← 19 | ← 16 | | 3 | ← 8 | ← 20 | |
| 4 | ← 17 | ← 15 | → | 4 | ← 9 | ← 9 | → |
| 1 | | ← 27 | ← 29 | 1 | | ← 30 | ← 22 |

Ainsi moyennant un certain nombre d'hypothèses et l'emploi d'une méthode grossière de calcul, les p.u.e. de la pêche palangrière permettent de faire l'hypothèse qu'un pourcentage significatif des albacores de profondeur exploités à la palangre effectuerait des migrations saisonnières Est-Ouest dans l'Atlantique inter-tropical. Ces chiffres ne doivent bien entendu n'être retenus qu'à titre d'hypothèse de travail provisoire.

2-2-4 Biométrie.

Notre propos se limitera à l'examen des principaux résultats actuellement publiés. Divers travaux, par la plupart assez anciens, ont été publiés par POSTEL (1954), VILELA et MONTEIRO (1957), MARCHAL (1959), VINCENT CUAZ (1959) ; BANE (1963), MATHER III (1962) et ROSSIGNOL (1968). Parmi ces auteurs, ROSSIGNOL tente de déterminer s'il existe des hétérogénéités chez l'albacore de l'Atlantique à partir de critères biométriques.

Il constate tout d'abord que les albacores du Golfe de Guinée ont un tronc caudal relativement plus long et une tête plus petite que ceux de l'Atlantique ouest. BANE 1963 a de même montré que les albacores du Golfe de Guinée ont une tête plus petite que ceux de l'Angola. En outre, à partir de l'analyse de l'hétérogénéité de la distribution du rapport du nombre de branchiospines à la longueur du maxillaire supérieur, ROSSIGNOL admet comme vraisemblable l'existence de quatre groupes d'albacores dans l'Atlantique :

Dans l'Atlantique est, il identifie un groupe guinéen et deux groupes tropicaux nord et sud ; un quatrième groupe est identifié dans l'Atlantique ouest à partir des échantillons de MATHER III. Toutefois l'analyse détaillée de la variabilité

de ces caractères biométriques l'amène à conclure qu'il existe des mélanges entre ces quatre groupes.

Le petit nombre d'échantillons et le fort degré de recouvrement dans les distributions des paramètres étudiés ne lui permettent pas d'estimer quantitativement ces mélanges.

En conclusion, les analyses biométriques effectuées suggèrent l'existence de certaines hétérogénéités de la population ; il semble toutefois que seule une étude intensive, globale et rigoureuse, portant sur un échantillon important, des caractères qui semblent les plus discriminants (longueur de la tête, longueur préanale, nombre de branchiospines et longueur du maxillaire supérieur), pourrait éventuellement permettre des conclusions nettes en matière de différenciation de sous-populations.

2.2.5. Peuplement parasitaire des albacores.

La première étude du peuplement parasitaire de l'albacore réalisée dans le but de déterminer l'identité des stocks a été faite par BAUDIN LAURENCIN (1973). Ses principales conclusions, obtenues par analyse factorielle des correspondances, sont les suivantes :

- Il existe chez les individus de 55 à 90 cm de longueur à la fourche, deux groupes d'albacores situés géographiquement au nord et au sud du Cap des Palmes et ayant des peuplements parasitaires assez caractéristiques.

Un échantillon de 6 albacores de la même taille capturés au Venezuela révèle un peuplement parasitaire très différent.

- Les albacores de plus de 90 cm capturés par les pêcheries de surface ne montrent pas dans le Golfe de Guinée d'hétérogénéité marquante. Il demeure toutefois difficile de déterminer si cela traduit le faible pouvoir discriminant de la technique ou bien l'existence d'un stock unique d'adulte.

LARDEUX (1980) réanalysant les données de BAUDIN LAURENCIN obtient des conclusions analogues.

Notons que le peuplement parasitaire des albacores semble acquis progressivement par ceux-ci, en fonction du milieu où ils vivent ; il ne correspondrait donc pas à une éventuelle hétérogénéité génétique. Ainsi BAUDIN LAURENCIN remarque que les jeunes albacores de moins de 55 cm ont un peuplement parasitaire faible et peu différencié.

Les peuplements parasitaires renseignent donc potentiellement, contrairement à la biométrie, sur l'identité des stocks et non sur celle de sous-populations génétiques. Dans cet esprit, la conclusion qu'il existe entre le Sénégal et le Libéria un groupe homogène en ce qui concerne le parasitisme, n'est donc pas en contradiction avec l'hypothèse de CHAMPAGNAT 1975 concernant l'hétérogénéité génétique de ce groupe, composé pour lui d'albacores issus de deux unités de reproduction, situées l'une dans l'Atlantique central et ouest, l'autre au large du Ghana.

En outre, s'il existe indiscutablement un parasite caractéristique de la zone ouest (Sibitrema poonui), on ignore si des albacores qui migreraient de l'ouest vers l'est conserveraient ce parasite ou s'ils le perdraient (par suite de l'écologie et de la biologie du parasite).

2.2.6. Sérologie .

Une seule étude a été réalisée en 1975 dans l'Atlantique. Ses résultats (non publiés) nous ont été communiqués aimablement par le Dr. G. SHARP de l'IATTC.

L'étude porte sur 293 albacores de 45 à 145 cm de longueur à la fourche pêchés dans le Golfe de Guinée. Les échantillons de sang ont été prélevés par le Centre de Recherches Océanographiques d'Abidjan et analysés par le laboratoire de l'IATTC, à la Jolla. L'analyse génétique a porté sur les sérums estérases, les transferrines et sur la phosphoglucose isomérase. Le pouvoir discriminant de cette dernière enzyme a semblé particulièrement intéressant pour identifier les sous-populations de thons du Pacifique.

L'analyse révèle une considérable hétérogénéité de l'échantillon : parmi les quatre modes présents à 45, 95, 120 et 145 cm, les systèmes enzymatiques étudiés ont une fréquence significativement différente dans le mode situé à 120 cm par rapport aux 3 autres modes, dont la structure est homogène (figure 25).

Cette observation sur l'hétérogénéité génétique des albacores du Golfe de Guinée, confirmerait les résultats des analyses de structures de taille de CHAMPAGNAT (1975) et l'hypothèse faite par cet auteur relative à l'existence dans cette zone d'albacores issus de deux sources distinctes de recrutement, originaires de deux zones de ponte différentes.

2.3. HETEROGENEITE VERTICALE DE LA POPULATION.

On sait que les senneurs exploitent la couche superficielle de l'océan alors que les palangriers exploitent les thons en profondeur.

On peut estimer, d'après la profondeur maximale de plongée des sennes, que seuls les thons présents dans la couche 0 à 70 m peuvent être capturés par les senneurs actuellement en activité dans l'océan Atlantique (PRADO et BERNAERT, communication personnelle basée sur une quarantaine d'enregistrements réalisés sur 7 senneurs F.I.S.).

Les palangres traditionnelles exploitent, elles, les profondeurs comprises entre 80 et 170 m, mais capturent principalement les albacores entre 100 et 150 m de profondeur (WOOILCHOO, 1975).

Il importe de déterminer, en vue de gérer la ressource, si ces deux engins exploitent un même stock, ou deux stocks distincts. Le problème revient à estimer le degré des mélanges entre les poissons de surface et les poissons de profondeur.

Si tous les individus effectuent des migrations rapides (par exemple nyctémérales) entre la surface et la profondeur, il s'agira d'un stock unique. Il s'agira aussi d'un stock unique en terme d'unité de gestion, si le mélange entre les individus de surface et de profondeur est plus lent mais incomplet. Ainsi les albacores pourraient demeurer successivement quelques mois en surface puis en profondeur, par exemple en relation avec leurs cycles annuels de maturation des gonades, de ponte et d'alimentation. Par contre, les individus adultes présents en surface et en profondeur peuvent constituer deux stocks distincts ayant un mélange lent et faible. Dans cette hypothèse, les albacores pourraient par exemple avoir à partir d'un certain âge un destin écologique distinct soit en surface, soit en profondeur.

Bien qu'il soit difficile de choisir parmi ces hypothèses, divers éléments permettent d'estimer la vraisemblance de chacune d'elles. Les éléments sont les suivants :

2-3-1 L'hydrologie.

Les conditions hydrologiques des couches d'eaux où sont présents les albacores de surface et de profondeur sont un premier élément à considérer. Il apparaît que les thons de surface se trouvent surtout dans des eaux chaudes dont la température est comprise entre 23 et 29°, c'est-à-dire des eaux chaudes suprathermoclinales. Ces poissons semblent incapables physiologiquement de séjourner dans des eaux de surface dont la température est inférieure à 21 ou 22°, au moins d'une manière prolongée .

Au contraire, les albacores pêchés à la palangre sont capturés principalement dans l'Atlantique de l'Est, entre 100 et 150 m de profondeur (WOO CHOO, 1975), c'est-à-dire sous la thermocline, dans des eaux froides dont la température est comprise entre 13° et 16° (figure 23).

On notera que dans le Pacifique, les populations exploitées à la palangre sont capturées à la même profondeur, mais dans des eaux suprathermoclineales. (SUZUKI et al, 1977). On constate donc nettement que dans l'Atlantique est, les albacores exploités à la senne et à la palangre vivent dans deux biotopes ayant des caractéristiques thermiques très distinctes. Cette hétérogénéité tendrait à laisser penser qu'il existe une séparation relative, au moins à court et moyen terme, entre ces deux groupes d'albacores.

En effet, on peut estimer que si un albacore qui vit en surface dans des eaux chaudes n'est pas en mesure physiologiquement de pénétrer dans des eaux de surface ayant une température inférieure à 22°, il doit difficilement être en mesure de pénétrer, au moins plus d'un certain temps, dans des eaux profondes dont la température est inférieure à 15°. Cette hypothèse semble d'ailleurs en accord avec les observations faites à bord des senneurs qui suggèrent qu'une thermocline marquée et proche de la surface empêche les thons de plonger lors de la mise à l'eau de la senne. Tous ces éléments restent bien sûr à étayer grâce à des observations directes sur le comportement des poissons, par exemple par l'emploi de marques émettrices.

2-3-2 L'état de maturité sexuelle.

L'état de maturation sexuelle des albacores est révélé par l'indice gonadosomatique des femelles. Les résultats disponibles suggèrent qu'il existe des différences importantes du degré de maturité selon le mode de capture.

Ainsi, FONTANA et FONTENEAU (1977) ont montré que, durant la période de ponte dans le Golfe de Guinée, le premier trimestre, seuls les plus gros individus parmi ceux capturés à la palangre, ont des indices gonadosomatiques élevés. Chez les albacores de surface, ce même indice est élevé chez la plupart des individus, dès l'âge de première maturité, soit 90 cm (fig. 24). Un résultat très voisin a été observé dans le nord-ouest de la mer de Corail par HISADA (1973). Ce dernier résultat est particulièrement intéressant par suite des conditions de pêche particulières de cette pêcherie. En effet, les albacores capturés en surface en état de maturité sexuelle sont pêchés, non pas à la senne, mais avec des lignes à main.

Cela signifie que l'albacore en période de reproduction continue de s'alimenter activement, et permet de considérer comme peu probable l'hypothèse qu'il existe en profondeur une population d'albacores matures qui ne s'alimenterait pas en période de reproduction.

On notera toutefois que les différences de maturité sexuelle peuvent être expliquées par une ségrégation non pas verticale, mais horizontale des individus ; on peut ainsi penser que les albacores adultes mais en repos sexuel, resteraient dispersés donc surtout vulnérables aux palangres, alors que les individus en période de ponte se concentreraient dans des zones favorables à la reproduction où ils deviendraient principalement vulnérables aux engins de surface.

En outre, les données ayant conduit à ces observations n'ont pas été récoltées simultanément : celles relatives aux palangriers proviennent des années 1965, 1966 et surtout 1968, alors que celles relatives aux pêcheries de surface proviennent des années 1974 à 1976. Bien que la variabilité interannuelle de la maturation sexuelle soit inconnue, il semble que les indices gonadosomatiques aient été chez les albacores capturés à la palangre, exceptionnellement bas en 1968. Ceci a peut être exagérément accru les différences dans la maturité sexuelle en fonction du mode de capture.

Ces restrictions semblent toutefois insuffisantes pour expliquer les différences observées. Il est plus probable que l'hétérogénéité dans la maturité sexuelle de certaines tailles existe, et traduit le fait qu'il n'existe pas un groupe unique d'albacores adultes qui effectuerait des migrations rapides, par exemple journalières, entre la surface et la profondeur.

2-3-3 Variations spatio-temporelles des prises et des p.u.e. de surface et de profondeur.

La comparaison peut s'effectuer au niveau interannuel ou au niveau des cycles saisonniers d'abondance par zone.

Au niveau saisonnier, on note que dans l'Atlantique de l'Est où coexistent les pêcheries de surface et de palangre, les strates spatio-temporelles où les prises des deux engins sont les plus élevées sont en général identiques, exception faite du troisième trimestre où les senneurs exploitent des concentrations trophiques côtières, alors que les palangriers exploitent l'Atlantique central entre l'Afrique et l'Améri-

que du Sud.

Globalement, le schéma des migrations saisonnières est très voisin, qu'il soit déduit des variations spatio-temporelles des prises par unité d'effort des palangriers (HONMA et HISADA, 1971), ou de celles de p.u.e. des pêcheries de surface (CHAMPAGNAT, 1975).

Au niveau interannuel, il existe comme base de la discussion du problème, un certain nombre d'observations, souvent contradictoires. Celles-ci seront dans un premier temps examinées. Dans un deuxième temps, les diverses hypothèses permettant de rendre compte de ces observations seront passées en revue, puis discutées dans un troisième temps.

Données du problème :

(1) la baisse de la p.u.e. à la palangre de 1956 à 1978 est extrêmement forte et rapide : la p.u.e. baisse ainsi d'un niveau moyen égal à 100 dans la période 1956-1958 (stock vierge) à un niveau 0.23 dans la période 1962 à 1964, puis à un niveau 0.065 dans la période 1975 à 1977 (d'après YANEZ, 1979).

On ne dispose d'indice de p.u.e. de surface pour les grands albacores que depuis 1969 date du développement des grands senneurs, seul engin exploitant efficacement cette gamme de tailles. Cette p.u.e. de surface décroît modérément d'un indice 1.0 dans la période 1969 à 1971, à un indice 0.60 dans la période 1976-1978.

Durant la même période, la p.u.e. des palangriers décroît de façon comparable d'un indice 1.00 à 0.62.

Le problème sera de déterminer comment a évolué l'abondance réelle du stock et quelle est la cause de la forte baisse de la p.u.e. palangrière.

(2) Les prises de gros albacores par les pêcheries de surface sont devenues très importantes depuis 1975, comparativement aux prises actuelles de la palangre; elles atteignent un niveau comparable aux plus fortes captures de la palangre (années 1958-1964).

Tableau 5 : Estimation du nombre moyen d'albacores de plus de 3 ans capturés à la palangre et en surface durant 4 périodes caractéristiques de l'évolution de la pêcherie.

| Période | Phase | Prises Palangre + 3 ans (nombre) | Prises surface + 3 ans (nombre) | Prises Totales (nombre) + 3 ans |
|-----------|--|-------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| 1957-1960 | Début de la palangre et des canneurs | 800.000 | 115.000 | 915.000 |
| 1961-1964 | Maximum de la palangre | 835.000 | 145.000 | 980.000 |
| 1969-1971 | Début des grands senneurs zone côtière | 500.000 | 520.000 | 1.020.000 |
| 1975-1977 | Exploitation du secteur du large par senneurs | 400.000 | 1.025.000 | 1.425.000 |

Globalement, on constate que, jusqu'en 1975, les prises totales d'albacores de plus de 3 ans ont été stables de 1957 à 1973 à un niveau annuel voisin d'un million d'individus.

Ces prises se sont accrues de près de 50 % dans la période récente, depuis 1975, par suite des captures de gros albacores par les senneurs dans les zones du large.

Le problème sera de déterminer comment a évolué la mortalité par pêche sur le stock.

- Interprétations

L'interprétation de ces deux observations majeures relatives aux p.u.e. et aux prises, est directement en relation avec l'identité des stocks exploités par ces deux engins.

Deux hypothèses contradictoires peuvent être faites concernant la signification de la p.u.e. palangrière :

. Hypothèse 1 : "p.u.e. palangrière = abondance des adultes".

Dans cette hypothèse, la forte baisse de la p.u.e. des albacores capturés à la palangre correspond à une baisse proportionnelle de la biomasse des adultes exploités par cet engin. Selon l'identité des stocks de surface et de profondeur, cette hypothèse pourra s'interpréter de deux façons différentes :

- Stock unique en surface et en profondeur : la baisse de la p.u.e. palangrière traduit la baisse de la biomasse de l'ensemble du stock adulte.
- Stock profond indépendant du stock de surface : la baisse de la p.u.e. palangrière traduit uniquement la baisse de la biomasse du stock profond.

. Hypothèse 2 : "p.u.e. palangrière non proportionnelle à la biomasse du stock adulte".

Dans cette hypothèse la diminution observée pour la p.u.e. à la palangre ne serait pas proportionnelle à la baisse de la biomasse des adultes.

Cette non proportionnalité pourrait être due à divers facteurs, indépendants ou agissant conjointement :

- Capturabilité dépendante de la taille du stock :

La capturabilité du stock pour les palangres diminuerait parallèlement à la taille du stock selon une formule du type

$$q = \alpha p^\beta$$

où p = taille de la population

α et β coefficients, et β positif

Dans cette hypothèse, on peut penser par exemple que les palangriers exploitant un stock vierge concentrent leur effort de pêche sur des concentrations locales de thons, non représentatives de la densité globale du stock. Une diminution de l'abondance qui interviendrait par disparition de ces strates de forte concentration provoquerait une baisse de la p.u.e. plus forte que la baisse de l'abondance totale du stock.

- Capturabilité dépendante de l'effort de pêche :

Dans cette hypothèse, la puissance de pêche de la palangre sur l'albacore diminuerait pour les densités croissantes d'hameçons.

- Existence de sous-stocks profonds ayant des capturabilités différentes :

Dans cette interprétation, il aurait existé dans la population vierge divers

stocks avec des "capturabilités potentielles" différentes. La population actuelle ne serait plus composée que de la fraction de la population ayant la plus faible capturable, soit acquise par apprentissage, soit innée et génétique. Dans cette hypothèse, la forte baisse de la p.u.e. palangrière aurait mesuré la quasi extinction d'un stock "stupide" (vis à vis de la palangre). Par contre il existerait encore une fraction de population d'un volume inconnu, constituant un stock "intelligent" vis à vis de la palangre, et qui ne serait pas ou peu accessible à cet engin.

2-3-4 Les contenus stomacaux.

Divers auteurs ont analysé les contenus stomacaux des albacores pêchés dans l'Atlantique par les engins de surface et par les palangriers. Ces observations, bien qu'étant surtout qualitatives, peuvent donner des indications sur les migrations verticales trophiques des albacores. Les résultats les plus intéressants sont fournis par les analyses des contenus stomacaux des albacores capturés à la palangre en profondeur ; la présence de proies épipélagiques chez ces individus signifie en effet à priori que le thon a migré dans la zone superficielle. Au contraire la présence d'une proie bathypélagique dans l'estomac d'un thon de surface, peut être due à la migration nocturne des proies vers la surface, phénomène souvent observé chez les espèces bathypélagiques.

Les travaux de VALLE et alii (1979) sur les contenus stomacaux des albacores pêchés par les flottilles cubaines dans l'Atlantique central et de l'est, montrent une certaine dominance des proies bathypélagiques, associées toutefois à un pourcentage significatif d'espèces caractéristiques des eaux superficielles (tableau 6) ; ceci signifierait que si les albacores pêchés à la palangre colonisent principalement la zone profonde, ils effectuent probablement certaines migrations trophiques dans la zone superficielle.

2-3-5 Les résultats de marquages.

Parmi les 594 recaptures d'albacores déclarées, aucune n'a été signalée chez les palangriers.

Pour déterminer si cette observation traduit l'existence d'un cloisonnement entre les populations de surface et de profondeur, il importe d'analyser les recaptures par la pêche de surface des albacores ayant atteint la taille du recrutement

dans la pêcherie palangrière (80 cm) et demeurés un certain temps en liberté pour leur permettre de se distribuer dans la population non marquée. Un délai de 2 mois a été choisi arbitrairement dans ce but.

Un sous-échantillon de 28 albacores recapturés, avec une longueur à la fourche supérieure à 80 cm et après plus de 2 mois de liberté, a ainsi été isolé parmi les 242 individus dont, à la fois, la durée de liberté et la taille à la recapture sont connues.

On peut ainsi estimer que parmi l'ensemble des 594 recaptures identifiées, 69 albacores répondant à ces deux critères, ont été recapturés par les pêcheries de surface, et aucun par celles à la palangre. Pour déterminer la signification de cette observation, il est nécessaire de comparer les recaptures et les prises par engin et par classe de longueur; des classes de 10 cm de longueur à la fourche ont été retenues pour effectuer cette comparaison.

Ce résultat apparaît sur le tableau 7.

Tableau 7 : Estimation du nombre d'albacores capturés à la palangre et en surface par classe de 10 cm et recaptures d'albacores marqués pour les mêmes intervalles.

| Classe | Nombre d'albacores capturés par les pêcheries de surface (moyenne 1974-75) $\bar{p} = 62\ 500\ t$ (1) | Nombre d'albacores capturés par les pêcheries à la palangre (Atl. Est moyenne 1976-77) = $\bar{p} = 12\ 500\ t$ (2) | Nombre de recaptures estimées pour pêcherie de surface (dt = 2 mois) | Idem palangre |
|---------|---|---|--|---------------|
| 80-89 | 109 000 | 2 000 | 2 | 0 |
| 90-99 | 147 000 | 8 000 | 15 | 0 |
| 100-109 | 242 000 | 14 000 | 17 | 0 |
| 110-119 | 223 000 | 18 000 | 15 | 0 |
| 120-129 | 149 000 | 39 000 | 10 | 0 |
| 130-139 | 121 000 | 47 000 | 5 | 0 |
| 140-149 | 146 000 | 48 000 | 5 | 0 |
| TOTAL | | | 69 | 0 |

(1) estimé à partir des mensurations F.I.S. 74-75

(2) estimé à partir des mensurations l'I.C.C.A.T. 76-77

Si on admet les 2 hypothèses suivantes :

- le taux de retour des marques est identique dans la pêche de surface et celle à la palangre.

- les poissons marqués sont également disponibles aux deux pêcheries.

Alors l'espérance de recapture d'un poisson marqué dans chaque intervalle de taille est proportionnelle à la prise de l'engin, soit :

$$E(R_{ij}) = R_i \cdot \frac{C_{ij}}{C_i}$$

i = intervalle de 10 cm de LF

j = engin

R = recaptures

C = prises

Selon cette règle la pêcherie à la palangre aurait recapturé 7 albacores marqués parmi les 69 recapturés.

- Un calcul analogue effectué par LENARZ et al (1979) sur l'albacore du Pacifique aboutit à une conclusion identique puisque sur les 40 recaptures de marques, aucune n'a été obtenue par des palangriers, alors que 5.4 auraient dû l'être.

L'absence de recaptures peut donc indiquer une certaine séparation des deux groupes d'albacores et une faiblesse des mélanges verticaux. Cette absence de recaptures peut toutefois avoir une signification différente et être due :

* au non retour de marques par les pêcheries à la palangre : la Corée et Cuba sont actuellement les principaux pays exploitant l'albacore à la palangre ; leur taux de retour des marques n'est pas connu.

* aux différences dans les zones de pêche qui rendent les poissons marqués en moyenne plus accessibles aux pêcheries de surface exploitant la zone côtière des marquages, qu'aux pêcheries à la palangre qui exploitent les zones du large. Ainsi, pour être recapturés par les palangriers, les albacores devront en moyenne avoir accompli une migration importante. Ces importantes migrations horizontales semblent rares pour les individus de surface (§ 2-2-1).

La non recapture par les palangriers d'albacores marqués doit donc être interprétée avec prudence, bien qu'elle traduise probablement le fait que les adultes ne sont pas également disponibles aux deux engins.

2-4 CONCLUSION RELATIVE A L'IDENTITE DES STOCKS D'ALBACORES.

Les informations relatives à l'identité des stocks d'albacore de l'Atlantique et aux migrations de cette espèce sont donc variées et nombreuses.

Parfois fragmentaires ou contradictoires, ces résultats ne permettent pas d'établir des conclusions formelles ; ils conduisent toutefois à élaborer un certain nombre d'hypothèses de travail concernant l'identité des stocks d'albacore de l'Atlantique.

Ainsi, on peut considérer que, contrairement à d'autres thonidés tempérés et tropicaux, les albacores ne seraient, jusqu'à leur première reproduction, que très modérément migrateurs. Ils demeureraient ainsi plusieurs années dans des zones côtières, principalement dans le Golfe de Guinée, en y effectuant des migrations de quelques centaines de milles et en longeant les côtes.

Les adultes reproducteurs feraient des migrations saisonnières de plus grande amplitude entre la côte et les zones du large. Il existerait enfin un mélange modéré ou faible entre les individus adultes de surface et ceux de profondeur, respectivement exploités à la senne et à la palangre.

L'existence d'une ou de plusieurs sous-populations génétiques demeure l'objet d'incertitudes.

La présence d'une importante unité de reproduction dans le Golfe de Guinée au premier trimestre est bien mise en évidence. L'éventualité d'autres unités, au Brésil et Sénégal, apparaît comme probable. Toutefois, l'analyse de la fréquence des tailles capturées suggère que la contribution relative de ces éventuelles sources de recrutement ne serait que d'une importance réduite dans les prises des pêcheries actuelles.

CHAPITRE 3 - LA CROISSANCE DE L'ALBACORE ATLANTIQUE.

3-1 POSITION DU PROBLEME.

La croissance de l'albacore a fait l'objet de nombreuses études. Toutes ces études ont visé à ajuster aux observations, la classique loi de croissance de VON BERTALANFFY, de la forme :

$$L_t = L_{\infty} \cdot (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

Où L_t = longueur à l'âge t ;

L_{∞} = longueur asymptotique ;

k = taux de croissance et t_0 = âge théorique à la longueur zéro.

Un certain nombre de divergences dans les estimations des paramètres de la croissance obtenus par les différents auteurs ayant analysé la croissance de l'albacore sont apparues. LE GUEN et SAKAGAWA (1973) ont analysé ces différences ; ils ont conclu que celles-ci n'étaient qu'apparentes. Les différences observées semblent attribuables en effet à trois causes principales :

a) des différences dans les sources des données : distribution de tailles ou lecture de pièces osseuses.

b) de différences dans les méthodes d'ajustement de la fonction de VON BERTALANFFY.

c) de différences dans la gamme des tailles des albacores présents dans les échantillons.

LE GUEN et SAKAGAWA (1973) proposent ainsi de décrire la phase exploitée entre 60 et 170 cm, selon la méthode de calcul, par les paramètres suivants :

- âge inconnu : $L_{\infty} = 194,8$ cm, $k = 0,035$ et $t_0 = 7,48$.

- âge apparent connu : $L_{\infty} = 175,2$ cm, $k = 0,044$ et $t_0 = 9,64$.

Ces deux jeux de paramètres, en dépit de leurs importantes différences apparentes, décrivent de façon comparable la phase d'exploitation concernée.

Cependant, depuis cette étude, les petits albacores de moins de 60 cm et les gros albacores de plus de 140 cm sont devenus très importants dans les captures.

L'accroissement des prises de petits albacores est lié à l'augmentation de l'effort de pêche des canneurs de Tema et sa concentration sur un peuplement plurispécifique de listaos, de petits albacores et de petits patudos.

L'importance croissante des prises de gros albacores résulte, elle, de l'effort de pêche accru des grands senneurs, spécialement dans les zones du large où sont capturés exclusivement des albacores de 120 à 170 cm, et ceci en grandes quantités.

Il devient donc indispensable d'analyser les informations relatives à l'âge de ces poissons afin de ne pas extrapoler la loi de croissance classique en dehors de ses limites d'observation. Le problème est d'autant plus sérieux que les deux estimations de la croissance, si elles sont équivalentes dans l'intervalle d'étude, donnent des estimations de l'âge très différentes pour les albacores jeunes et âgés.

3-2 ELEMENTS NOUVEAUX RELATIFS A LA CROISSANCE DE L'ALBACORE.

Depuis la synthèse de LE GUEN et SAKAGAWA (1973) sur la croissance de l'albacore, un certain nombre d'informations majeures sont devenues disponibles, sans toutefois faire l'objet d'aucune interprétation synthétique :

3-2-1 Détermination de la période de ponte.

Celle-ci a été obtenue selon deux approches indépendantes :

- l'étude du cycle saisonnier de maturation des gonades des albacores femelles menée par ALBARET (1977) pendant trois années. Cette étude montre que les stades de maturité sexuelle avancée qui précèdent et accompagnent la ponte, correspondent à des indices gonadosomatiques élevés, par exemple supérieur à 30, et sont observés très régulièrement durant le 1er trimestre (fig. 26). Cette étude porte sur des albacores de grande taille capturés dans le Golfe de Guinée à l'est de 25° ouest par des senneurs. On notera que, dans le Pacifique, le même critère d'un indice gonadosomatique supérieur à 30, utilisé par KNUDSEN (1977), suggère l'existence de pontes beaucoup plus étalées dans le temps.

- les campagnes de prospections de larves menées par CAVERIVIERE et SUISSE DE SAINTE CLAIRE.

Les études préliminaires (CAVERIVIERE et alii, 1976) ont montré que les larves des albacores étaient surtout fréquentes dans des eaux légèrement dessalées et

ayant une température élevée. Ainsi, la plupart des larves d'albacores identifiées jusqu'en 1973, provenaient de zones ayant des eaux dont la température en surface était supérieure à 28° et la salinité comprise entre 34.0 et 35.3‰. Les eaux ayant ces caractéristiques hydrologiques, sans être exceptionnelles dans la zone intertropicale, sont surtout abondantes dans une zone comprise entre le Ghana et les îles d'Annobon et Sao Tomé au premier trimestre (Atlas de MAZEIKA). Cette zone a malheureusement été très peu étudiée sur le plan hydrologique.

C'est une zone qui est, semble-t-il, peu productive, située à l'écart des zones de circulation équatoriale et des zones côtières de front ou d'upwelling. Ces éléments ont conduit CAVERIVIERE et SUISSÉ DE SAINTE CLAIRE à mener dans ce secteur, aux premiers trimestres 1975 et 1976, des campagnes de prospection de larves. Ces campagnes, dont les résultats sont en cours de dépouillement, ont permis de capturer un nombre important de larves d'albacores (CAVERIVIERE communication personnelle), confirmant ainsi largement l'hypothèse concernant la zone et la saison de ponte de l'albacore.

On a également noté dans le secteur de Dakar la présence d'albacores en période de ponte (POSTEL, 1955) et de larves (CAVERIVIERE et alii, 1976). L'importance réelle de cette unité de reproduction potentielle demeure hypothétique.

3.2.2. Echantillonnage des fréquences de tailles des albacores juvéniles.

Depuis 1972, s'est établie dans la même zone au large du Ghana une pêcherie de canneurs japonais, ghanéens et coréens basés à Téma au Ghana. L'effort de pêche de cette flottille s'exerce principalement sur le listao (Katsuwonus pelamis), mais une proportion significative d'albacores et de patudos (Parathunnus obesus) est présente dans les captures.

Les albacores ainsi capturés sont toujours de très petite taille (de 500 g à 4 kg) et restent concentrés et abondants dans cette zone durant toute l'année.

Il semble que, nulle part ailleurs au monde, n'existe une pêcherie capturant en permanence des albacores de cette gamme de tailles. Ceci permet des observations biologiques très intéressantes, en particulier sur la croissance des poissons capturés, grâce aux très nombreuses mensurations réalisées au Fishery Research Unit (F.R.U.) de Tema au Ghana.

Ces mensurations sont fournies à l'I.C.C.A.T. par mois et par classes de 2 cm. Des échantillons par classe de 1 cm nous ont été aimablement fournis par le Dr MARTIN MENSAH, Directeur du F.R.U. de Tema ; ces classes de 1 cm semblent en effet les mieux adaptées aux études de la croissance, spécialement des juvéniles, et ont donc été utilisées. La méthode des progressions modales ou méthode de PETERSEN a été employée. =

On note que le nombre de mensurations disponibles est important puisqu'en moyenne 7 échantillons de 50 albacores ont été mesurés chaque mois de 1973 à 1976, ces poissons provenant essentiellement d'une gamme de tailles assez restreinte de 35 à 70 cm.

L'ensemble de ces données montre clairement les éléments suivants :

- un déplacement lent et régulier des modes entre le mois de leur apparition dans les captures, en juillet, à une taille modale de 43 cm, et celui de leur disparition dans les prises de Tema 12 mois plus tard, à 60 cm, soit un déplacement moyen de 17 cm/12 mois ou 1.42cm/mois (figure 27). En dépit de leur faible vitesse de déplacement, en aucun cas ces modes ne peuvent apparaître comme étant stationnaires (tableau 8 à 11).

- la faible variabilité interannuelle de la position mensuelle des modes ; les jeunes albacores ont le plus souvent, à chaque mois de l'année, la même taille modale d'une année à l'autre.

- constance interannuelle de la variance des tailles au sein de chaque mois (figure 27).

- la faible variabilité des tailles des échantillons capturés durant un même mois ; ceci est particulièrement net durant le premier semestre pour des tailles modales comprises entre 49 cm en janvier et 55 cm en juin (figure 28).

- la bonne correspondance de la position des modes capturés par les senneurs FISM et les canneurs de Tema, de janvier à juin, entre 50 et 55 cm.

Cette période correspond à la fin de la disponibilité des jeunes albacores pour la flottille de Tema et leur recrutement dans la pêcherie FISM.

Ces observations permettent de décrire un schéma typique de déplacement des modes, sans faire d'hypothèse sur l'origine de ces déplacements. Ce schéma caractéristique est celui représenté sur la figure 29.

La même méthode, employée par MARCILLE et STEQUERT 1976 pour étudier la croissance de l'albacore dans l'océan Indien, montre un déplacement apparent des modes plus rapide, de 3 cm par mois entre 45 et 70 cm. Les filiations modales proposées par ces auteurs pourraient toutefois s'interpréter d'une manière différente et correspondre en fait à un lent déplacement des modes comparable à celui observé dans l'Atlantique aux mêmes tailles et identique à celui trouvé par ces auteurs pour le patudo (1.5 cm/mois entre 44 et 66 cm).

L'interprétation de ces observations pose par contre un sérieux problème, qui consiste schématiquement à choisir entre les deux hypothèses suivantes :

- l'existence de ces modes et leur lent déplacement traduit sans biais une phase de croissance lente des albacores juvéniles.

- ces observations ne résultent pas de la croissance des albacores mais d'un biais quelconque, par exemple de la sélectivité de l'engin de pêche, de variations spatio-temporelles des tailles d'albacores et des zones de pêche, de confusions entre albacores et patudos lors des mensurations, et de la présence en pourcentages variables de ces deux espèces, ou de tout autre biais non identifié. Ce problème sera discuté au paragraphe 3.3.1.

3.2.3. Résultats des marquages

3.2.3.1. Marquages dans l'Atlantique

Diverses campagnes de marquages ont été effectuées par le centre ORSTOM de Pointe-Noire de 1971 à 1975 dans le Golfe de Guinée.

Au total 8 537 albacores ont ainsi été marqués, tous à la canne, dont 594 recapturés (soit 7.0%).

Les poissons ainsi marqués ont tous été mesurés au cm près lors du marquage. La longueur de ces poissons et la date lors de leur recapture sont connues pour 217 de ces albacores.

Les erreurs de mensuration commises lors du marquage peuvent être estimées grâce aux individus recapturés durant un intervalle de temps suffisamment court pour que la croissance puisse y être considérée comme négligeable. Un intervalle de 15 jours a été choisi. Ce calcul ne porte que sur 59 albacores. La distribution des erreurs de mensuration commises sur cet échantillon est voisine d'une distribution normale (figure 30) ; elle a une moyenne de 0.24 cm et un écart type de 3.28 cm. En outre, une éventuelle diminution de la taille du poisson lors de la congélation n'apparaît pas non plus sur ces résultats sans que cela constitue une preuve que cette diminution n'aie pas lieu (une mensuration biaisée par excès de x cm peut masquer une diminution par congélation de la même longueur). On peut toutefois considérer que les marques permettent sans facteur correctif les études de croissance.

Les résultats ont tout d'abord été comparés à l'estimation classiquement admise pour la croissance de l'albacore, une loi de VON BERTALANFFY ayant pour paramètres $L_{\infty} = 194,8$ cm, $k = 0,035$ et $t_0 = 7,48$ (LE GUEN et SAKAGAWA, 1973).

Dans ce but, cette courbe de croissance a été représentée figure 31 avec, en surimpression, le changement de taille (positif ou négatif) des 75 albacores restés plus de 2 mois en liberté entre leur marquage et leur recapture. L'âge attribué au marquage est celui correspondant à la taille dans l'équation de VON BERTALANFFY.

On constate immédiatement que la croissance des albacores de petite taille (moins de 70 cm par exemple), est le plus souvent très inférieure à celle prédite par le modèle. Au contraire celle des albacores d'une taille supérieure à 70 cm semble voisine de celle du modèle.

La croissance moyenne des albacores marqués et recapturés dans les intervalles 40 à 70 cm d'une part, et 70 à 140 cm d'autre part, a donc été calculée.

Le même calcul a été fait pour les albacores restés plus de deux mois en liberté, dont la croissance est donc a priori la plus significative, et pour ceux demeurés de 30 à 60 jours en liberté. Le résultat de ce calcul est donné dans le tableau 12.

On vérifie ainsi que le marquage donne pour les albacores de moins de 70 cm une estimation de la croissance beaucoup plus lente que celle de la loi de VON BERTALANFFY en usage : 1,40 cm/mois par marquage, contre 4,9 cm/mois selon la loi de VON BERTALANFFY dans l'intervalle 40 à 70 cm.

Un résultat analogue a été maintes fois observé dans le Pacifique par divers auteurs (SUZUKI, 1971; SCHAEFFER et al., 1961; BAYLIFE, 1973).

Pour les albacores de plus de 70 cm, les résultats obtenus sont par contre très voisins : 3,11 cm/mois par marquage et 3,21 cm/mois d'après la loi de croissance classique dans l'intervalle 70 à 140 cm. Sans chercher à interpréter ces observations, il est intéressant de comparer la croissance apparente des juvéniles obtenue par la méthode de PETERSEN et celle obtenue par marquage. Dans ce but, le schéma de déplacement moyen des modes et les résultats des marquages ont été représentés sur la figure 32. On y constate une très bonne concordance des estimations obtenues par les deux méthodes.

Le marquage donne, pour les albacores marqués et recapturés à une taille inférieure à 70 cm, une croissance moyenne de 1,40 cm/mois alors que le déplacement des modes permet d'estimer à 1,56 cm/mois la croissance dans l'intervalle 40 à 70 cm.

3.2.3.2. Marquages avec injection de tétracycline.

Des marquages de ce type ont été réalisés par l'IATTC dans le Pacifique depuis 1976 ; les premiers résultats en ont été publiés par WILD et FOREMAN (1980)

La technique permet, à partir d'un dépôt induit par la tétracycline sur les pièces osseuses le jour du marquage, de déterminer l'accroissement relatif de l'otolithe et de la longueur des individus depuis la date du marquage. Dans une gamme de longueur à la fourche de 40 à 110 cm, WILD et FOREMAN observent ainsi une croissance linéaire de 3.06 cm par mois. Ce résultat est obtenu avec une technique nouvelle, mais semble-t-il robuste, sans faire l'objet d'une analyse comparant ce résultat à ceux du marquage ordinaire.

3.3. DISCUSSION DE LA CROISSANCE

3.3.1. Croissance des juvéniles (longueur à la fourche inférieure à 70 cm).

3.3.1.1. Hypothèses.

Une taille de 70 cm a été retenue comme limite supérieure de la phase juvénile ; la figure 33 montre les deux interprétations retenues pour décrire la croissance des juvéniles :

a) Interprétation basée sur l'équation de VON BERTALANFFY obtenue par LE GUEN et SAKAGAWA, 1973, en longueur et en poids. La courbe est extrapolée pour les tailles inférieures à 60 cm.

b) Interprétation basée sur le déplacement apparent des modes de juvéniles (méthode de PETERSEN) et sur les résultats des marquages.

En ce qui concerne la première interprétation, hypothèse d'une croissance qui suit une loi de VON BERTALANFFY selon les paramètres proposés par LE GUEN et SAKAGAWA (1973), on peut faire les commentaires suivants :

Il est, en règle générale, dangereux d'extrapoler une courbe de croissance en dehors des limites de l'observation, comme le soulignent d'ailleurs LE GUEN et SAKAGAWA ; or, les plus petits albacores pris en compte dans l'analyse de ces auteurs avaient une taille modale de 60 cm, très peu d'observations étant disponibles pour les individus de moins de 60 cm.

En outre, l'extrapolation vers des tailles inférieures à 60 cm semble dans ce cas particulièrement douteuse, si l'on tient compte du paramètre t_0 égal à 7,5 ou 9,6 mois, retenu dans l'équation : il est bien évident que, sans chercher à attribuer à t_0 une signification biologique, une telle loi ne sera pas en mesure de décrire la croissance des très jeunes albacores, par exemple ceux d'un âge proche de 7,5 ou 9,6 mois.

Il semble donc légitime de limiter l'emploi de la loi de VON BERTALANFFY à la description de la phase de croissance dans laquelle elle a été calculée, toute extrapolation vers des âges plus jeunes n'ayant a priori que peu de sens biologique.

En outre, utiliser cette loi revient, pour rendre compte de la permanence des petits albacores, à admettre qu'il existe dans la pêcherie un recrutement continu, donc une ponte permanente. En effet, alors que, selon cette loi, les albacores grandissent de 40 à 60 cm en 4 mois, ces albacores sont capturés en nombre important toute l'année par les canneurs de Tema. Les travaux sur la fécondité de l'albacore ont au contraire clairement montré qu'il existait dans le Golfe de Guinée, au moins de 1974 à 1976, une saison de ponte bien limitée dans le temps, de décembre à février, (figure 26) très régulière durant les trois années de l'étude (ALBARET, 1977). Ceci n'interdit pas toutefois d'envisager l'existence d'un recrutement continu qui serait issu de zones de ponte non couvertes par l'étude d'ALBARET, et d'où les albacores migreraient en permanence pour se concentrer dans le secteur du Ghana. Cette interprétation semble peu vraisemblable si l'on considère le vaste secteur couvert par l'étude d'ALBARET. On ne peut exclure en outre l'hypothèse que le cycle saisonnier de maturation observé résulte de variations de la vulnérabilité des femelles matures, les femelles matures n'étant vulnérables aux sennes que durant le premier trimestre. Ces interprétations ne permettraient toutefois pas d'expliquer l'existence de modes généralement bien individualisés chez les adultes mesurant de 70 à 130 cm.

En outre, admettre qu'il existe une croissance rapide des juvéniles conduit à interpréter le déplacement lent et régulier des modes qui est systématiquement observé entre 43 et 60 cm comme résultant d'un biais :

- soit au niveau de l'échantillonnage des débarquements par les scientifiques.

- soit au niveau de l'échantillonnage, par les canneurs en particulier, de la population d'albacores réellement présente dans la zone.

Le premier biais semble difficilement envisageable au vu du grand nombre d'échantillons disponibles et du soin avec lequel ceux-ci semblent avoir été réalisés.

On ne doit toutefois pas exclure l'éventualité d'une identification erronée des albacores et des patudos, conduisant à prendre à tort un certain pourcentage de patudos, comme étant des albacores. Cette confusion apparaît comme très vraisemblable, par suite de la forte ressemblance des deux espèces, spécialement aux petites tailles. Il semble toutefois très probable que les albacores soient dominants quantitativement dans les prises de Tema ; les patudos n'auraient pu introduire de ce fait qu'un biais marginal. En outre, on ignore si les deux espèces ont des structures modales voisines, résultant par exemple d'une même période de ponte et d'une même loi de croissance, ou des structures modales différentes. Si celles-ci sont voisines, la confusion des deux espèces n'apportera pas de biais majeur. Si elles sont au contraire hétérogènes et si les patudos sont nombreux et confondus dans les mensurations d'albacores, cela ne pourra qu'accroître la variabilité des observations et non pas conduire à créer un phénomène caractéristique et régulier, tel que celui qui est observé.

En ce qui concerne l'éventualité d'un biais lié à la sélectivité de la méthode de pêche, celui-ci ne peut être exclu ; l'existence des modes quasi stationnaires dans une pêcherie de canneurs s'explique classiquement par un recrutement progressif de chaque classe d'âge, qui a pour conséquence que seules certaines fractions des modes sont vulnérables aux canneurs. C'est d'ailleurs cette interprétation qui a fait rejeter des analyses les déplacements lents des modes, systématiquement observés à Pointe Noire pour des albacores de moins de 60 cm. Les mêmes modes semi stationnaires ont été observés chez l'albacore du Pacifique (HENNEMUTH, 1961) où ils ont été interprétés comme étant dus à un biais de sélectivité.

Cette interprétation est difficile à admettre dans le cas présent ; en particulier, elle ne permet pas d'expliquer l'excellente concordance des positions mensuelles des modes de la même gamme de tailles de 50 à 60 cm, qui sont exploités dans des zones différentes par les canneurs de Tema et par les flottilles de senneurs.

En outre, le biais éventuel lié à la sélectivité, qui rendrait compte du déplacement lent et régulier des modes, décrit au paragraphe précédent, est difficile à concevoir. La difficulté sera d'autant plus grande qu'on admet alors implicitement l'existence d'un recrutement permanent et une croissance rapide des jeunes individus.

Par ailleurs, la croissance rapide des jeunes individus est en contradiction avec les résultats des marquages, aussi bien dans l'Atlantique (§ 3.3.2.), que dans le Pacifique (BAYLIFF, 1973). Cette croissance lente des jeunes albacores marqués est interprétée dans le Pacifique par un arrêt temporaire dans la croissance des jeunes albacores dû au marquage à la canne. Cette hypothèse ne peut être rejetée mais elle apparaît toutefois comme peu vraisemblable, si l'on considère que les albacores d'une taille supérieure à 70 cm ont une croissance très proche de celle estimée par la méthode de PETERSEN. Il semblerait ainsi très surprenant que le marquage par un même engin, la canne, ralentisse fortement la croissance des jeunes individus et soit sans effets décelables sur celle des adultes.

Les résultats de WILD et FOREMAN (1980) sont par contre en faveur d'une croissance assez rapide des juvéniles, de 3.06 cm/mois. Une analyse globale du problème comparant les résultats obtenus par les diverses techniques est indispensable pour interpréter ces différences.

Enfin, on peut penser qu'il est probable que le ralentissement du taux de croissance doit porter plus sur la croissance en poids, par altération du métabolisme, que sur la croissance en longueur qui est sans doute largement liée au patrimoine génétique de l'individu, et à la richesse du milieu.

On notera toutefois que la croissance estimée par marquage a pu être sous-estimée du fait de la possible réduction de taille résultant de la congélation. Cette réduction a été considérée comme négligeable (figure 3) mais peut introduire un biais qui, s'il existe, tend à sous-estimer la croissance.

La croissance lente de la phase juvénile semble donc étayée par de nombreux arguments qui convergent, alors qu'aucune observation ne vient soutenir l'hypothèse d'une croissance rapide des juvéniles.

Il demeure que cette hypothèse d'une croissance très ralentie des juvéniles qui semble s'imposer, est en contradiction avec le paradigme actuel concernant la croissance de l'albacore, en particulier pour l'albacore de l'océan Pacifique où celle-ci a fait l'objet d'études approfondies. On a noté toutefois que certains éléments tels que la présence des modes "pseudostationnaires" de petits albacores et la croissance lente de petits albacores marqués, ont aussi été observés dans le Pacifique. Ces éléments qui ont été rejetés des analyses, car jugés non significatifs, demanderaient peut-être à être réexaminés en fonction des présentes observations sur l'albacore de l'Atlantique.

3.3.1.2. Bases écophysiologicalues de la croissance des juvéniles.

Si toutes les observations actuelles incitent à considérer que la croissance lente des juvéniles est l'hypothèse la plus vraisemblable, il demeure indispensable de chercher à déterminer les conditions écologiques et physiologiques qui pourraient expliquer les phénomènes observés.

Il apparaît tout d'abord que les jeunes albacores, de moins de 5 kg environ, demeurent dans des eaux qui sont chaudes en permanence, entre 27° à 29°. Or JANISCH (1927) (dans URSIN, 1963) a montré empiriquement que le temps requis pour atteindre une certaine taille dépend de la température, selon une courbe symétrique en chaînette.

Le taux de croissance est ainsi maximum pour l'optimum thermique de l'espèce et décroît pour des températures inférieures et supérieures à cet optimum. Il est donc probable que la température des eaux où sont concentrés les juvéniles, qui est proche du maximum thermique supporté par l'espèce (l'albacore est présent en surface de 22° à 29°), soit supérieure à l'optimum thermique de croissance de ces poissons. Cela peut ralentir la croissance des juvéniles.

En outre, les eaux où se concentrent les juvéniles semblent caractérisées par leur faible productivité. Exception faite de l'upwelling côtier du Cap des Trois Pointes et du front du Cap Lopez, on ne connaît pas dans ce secteur de structures hydrologiques du type dôme ou front, qui permettent un enrichissement des eaux superficielles.

La faible richesse des eaux du secteur en plancton réduit probablement la nourriture disponible pour les albacores, ceci pouvant réduire le taux de croissance des individus. Par ailleurs, il semble certain, bien que les données disponibles ne permettent pas de le quantifier, qu'il existe une très forte densité multispécifique de petits thonidés, - albacore, patudo et listao -, dans la zone considérée. Cela entraîne probablement une compétition importante pour la recherche de la nourriture et peut également contribuer à réduire le taux de croissance individuel.

En contrepartie, la biomasse des prédateurs, grands thonidés en particulier, semble être faible dans ce secteur, ce qui peut tendre à réduire la mortalité naturelle des individus, à un âge où ils sont particulièrement vulnérables aux prédateurs.

La phase d'accélération brutale de la croissance, à partir de décembre ou janvier pour les albacores de 65 cm environ, correspond, elle, à une phase de migrations importantes et de dispersion vers des zones plus riches, vers le nord (de la Sierra Leone à la Mauritanie) et vers le sud (du Cap Lopez à l'Angola). Les albacores trouvent dans ces zones de fortes concentrations de nourriture, poissons pélagiques côtiers en particulier. En outre, l'accélération supposée de la croissance entre 60 et 100 cm correspond à la phase de maturation sexuelle des individus : la maturité sexuelle est en effet atteinte par 50% des individus femelles à une taille de 97cm (ALBARET, 1977). Ainsi, l'accélération de la croissance a lieu

à 65 cm au premier trimestre, chez les albacores tous immatures nés deux ans plus tôt. Les mêmes individus pondent pour la première fois un an plus tard, à la même période. Entre ces deux âges, intervient donc la puberté et la première maturation sexuelle.

Enfin, les divers auteurs ayant effectué des études biométriques sur l'albacore (POSTEL, 1954; ROSSIGNOL, 1968), ont mis en évidence diverses discontinuités allométriques dans la croissance de la tête, de l'oeil et des nageoires, entre 60 et 70 cm.

Ces deux auteurs attribuent ces modifications biométriques à la maturation sexuelle. Si on admet que les importantes modifications biométriques constatées à cette taille sont liées à la phase de puberté, il est logique de penser que les hormones sexuelles en jeu peuvent aussi avoir un effet sur la croissance des individus.

On notera que, selon divers auteurs dont les travaux sont discutés par ILES (1977), la croissance des gonades s'effectue très généralement au détriment de la croissance somatique. Cette conclusion qui peut sembler en contradiction avec notre hypothèse, a été principalement obtenue chez des poissons pour lesquels les gonades représentent une proportion importante du poids total, par exemple jusqu'à 30% pour le hareng. Chez l'albacore, le poids des gonades est proportionnellement faible, puisque les ovaires en période de ponte ne pèsent que 1 à 3 % du poids du corps. En outre, le développement des gonades n'a lieu qu'au dernier trimestre, à un âge de 33 à 34 mois, l'accélération brutale de la croissance ayant lieu au premier trimestre chez les albacores âgés de 24 mois.

3.3.2. Croissance des albacores de taille moyenne (70 à 130 cm)

Les résultats de l'analyse de LE GUEN et SAKAGAWA (1973) sont principalement fondés sur les fréquences de tailles provenant de cet intervalle de longueur. Notons toutefois que ces auteurs ont utilisé dans leur analyse une gamme de tailles plus large, puisqu'elle comprend des albacores de 61,5 cm à 171 cm.

Ces auteurs utilisent les données recueillies de 1966 à fin 1970. Depuis cette étude, un grand nombre de fréquences de tailles ont été obtenues : ainsi, de 1971 à 1977, 165 125 albacores (3 300 échantillons) ont été mesurés sur les débarquements de la flottille Franco-Ivoir-Sénégalaise (FIS). En outre, ces échantillons ont une meilleure couverture spatio-temporelle, liée au fait que les flottilles de pêche tendent à exploiter en permanence une vaste zone, alors qu'elles ne pratiquaient qu'une pêche localisée et saisonnière à l'origine de la pêcherie.

De ce fait alors que les données de LE GUEN et SAKAGAWA portaient surtout sur un groupe de poissons localisés géographiquement qui étaient "suivis" par la pêcherie de canneurs et petits senneurs durant deux ans, les nouvelles données acquises depuis concernent une population plus vaste et sans doute plus significative de la croissance de l'espèce dans l'ensemble du Golfe de Guinée.

Dans cette gamme de tailles, on note que les modes sont le plus souvent bien marqués, et que les filiations modales sont en général aisées à déterminer, contrairement à ce qu'on observe chez les poissons de plus grande taille (§ 3-3-3).

En outre, on remarque que la position des modes est très peu variable un mois donné, d'une année à l'autre. Les décalages des modes, quand ils existent, sont en général inférieurs à 2 mois : on note par exemple que la classe née en 1967 est plus précoce que la moyenne de 2 mois, et que la classe née en 1969 a un mois de retard.

Les décalages ainsi observés restent constants tant que les modes sont apparents dans les fréquences de taille.

Cette observation a conduit à superposer toutes les fréquences de taille prélevées pendant 9 ans de 1969 à 1977 (Tableau 13 et figure 8), par secteur et pour toute la zone de pêche de la flottille FIS. Après un tel traitement, les modes et leurs progression moyenne dans l'intervalle apparaissent encore clairement.

Afin de comparer nos observations de la période récente à celles de LE GUEN et SAKAGAWA (1973), celles-ci ont été analysées selon la même méthode de calcul. Une fonction de VON BERTALANFFY a donc été ajustée aux données longueur-âge (période 1969 à 1977) par la méthode des moindres carrés en utilisant le programme CIATD 05 de TOMLINSON et ABRAMSON (1961) modifié par PSAKOPULOS (1966). Le calcul a été effectué dans l'intervalle des tailles où le déplacement des modes semble suivre une loi de VON BERTALANFFY, c'est-à-dire à partir de 70 cm, et jusqu'à une taille où les filiations modales peuvent être déterminées sans ambiguïté excessive, soit 140 cm environ.

Le même calcul a été effectué dans les secteurs de Pointe Noire et de Dakar. Enfin, la date de naissance a été estimée au 15 janvier, et non au 1er mars comme dans l'étude de LE GUEN et SAKAGAWA, en se basant sur les observations d'ALBARET (1977) (figure 26). Ce décalage de 1,5 mois dans l'estimation de la date de naissance a pour conséquence d'ajouter 1,5 mois au paramètre t_0 de l'équation de VON BERTALANFFY proposé par ces auteurs. Enfin, les données de LE GUEN et SAKAGAWA relatives à la zone Pointe Noire-Angola ont été retraitées en isolant un intervalle de tailles identique à celui de la présente étude, en vue d'éliminer les petits et les grands albacores et de rendre ainsi comparables calculs et résultats.

Les résultats obtenus pour les différents calculs apparaissent sur le tableau 14.

On constate que les paramètres de croissance obtenus à partir des données de LE GUEN et SAKAGAWA et ceux obtenus à partir des présentes données ne diffèrent pas sensiblement.

On notera que le paramètre t_0 , âge apparent à la longueur théorique zéro, est en général très élevé. Bien qu'il ne faille attribuer à t_0 aucune signification biologique, toute extrapolation vers des âges plus jeunes, obtenue avec ce paramètre, semble devoir être exclue.

3-3-3 Croissance des albacores de grande taille (plus de 130 cm de la longueur à la fourche).

Les albacores de cette taille étaient relativement rares dans les captures ainsi que dans les échantillons de fréquence de tailles ayant permis les estimations antérieures de la croissance.

Ces poissons sont par contre devenus très fréquents dans les débarquements depuis 1976, par suite des prises des grands senneurs dans les zones du large ; ils sont de ce fait bien échantillonnés.

Des modes sont parfois observés dans cette gamme de tailles; quand ils existent, l'analyse des filiations modales est le plus souvent impossible.

Cette situation peut s'expliquer par diverses causes agissant simultanément :

a) la variabilité interindividuelle de la croissance des individus présents dans une cohorte a pour conséquence d'accroître l'hétérogénéité de la relation âge-taille.

Les grands individus, dont la longueur tend vers la taille asymptotique individuelle, ont un taux annuel d'accroissement en longueur réduit qui devient probablement inférieur aux différences de tailles entre albacores de même âge. De ce fait, on doit nécessairement observer la présence de poissons d'âges différents à une même taille, principalement aux grandes tailles. Les simulations stochastiques de la croissance (FONTENEAU, 1974) permettent d'estimer l'importance de ce phénomène. La même étude suggère que l'augmentation de la mortalité par pêche, qui a pour conséquence de rajeunir la structure démographique du stock, doit avoir pour conséquence de diminuer ces mélanges d'âges aux grandes tailles.

b) l'existence d'une croissance différentielle des mâles et des femelles.

Un tel phénomène a souvent été évoqué à titre d'hypothèse mais n'a pu, à ce jour, être mis en évidence par des observations directes.

Les albacores, tant dans l'océan Atlantique que dans le Pacifique, ceux capturés à la palangre et ceux capturés à la senne, montrent une prédominance progressive des mâles à partir de 150 cm, ceux-ci étant seuls présents dans les prises au-delà de 165 à 170 cm de longueur à la fourche (figure 34). (MURPHY et SHOMURA, 1972; ALBARET, 1977; YONEMORI et HONMA, 1975).

Diverses hypothèses peuvent expliquer cette observation : mortalité naturelle plus élevée des femelles, faible capturabilité des femelles de grande taille à tout engin de pêche, croissance différentielle des deux sexes. Les deux premières explications ne peuvent être rejetées ; la troisième apparaît toutefois comme la plus vraisemblable (ALBARET, 1977).

Si tel est le cas, il est vraisemblable que les femelles auraient une taille asymptotique inférieure à celle des mâles. Dans cette hypothèse tout laisse à penser que les filiations modales deviendraient rapidement confuses et qu'il serait impossible d'estimer l'âge des grands albacores en l'absence de lectures directes de l'âge.

c) la migration dans le Golfe de Guinée d'albacores issus d'une autre unité de ponte. Il apparaît clairement que les migrations de l'albacore sont surtout importantes à partir de la maturité sexuelle. Il semble exister dans l'Atlantique des albacores nés à une autre date que les cohortes "typiques" du Golfe de Guinée nées au premier trimestre ; ces diverses cohortes se mélangeraient alors plus au moins à l'âge adulte par suite des migrations. Dans cette hypothèse, le mélange progressif de ces diverses cohortes ne peut que rendre complexes et confuses les structures modales des grands albacores et l'analyse de leurs filiations.

d) la mensuration en longueur prédorsale.

L'essentiel des données de longueur utilisables pour déterminer la croissance de l'albacore est en longueur prédorsale. Cette technique de mensuration a été adoptée par les chercheurs de l'ORSTOM en se fondant sur des critères de rapidité de la mesure, afin d'accroître le nombre d'échantillons ; étant donné qu'il existe une bonne corrélation entre la longueur prédorsale et la longueur à la fourche (CAVERI-VIERE, 1976), il est aisé de passer de l'une à l'autre échelle de distribution des tailles. On notera bien toutefois que les mensurations en longueur à la fourche par classes standard de 2 cm ont plus de classes que celles en longueur prédorsale par classes de 1 cm, pour un intervalle donné de tailles. Ainsi, pour des gros albacores de 124 à 170 cm, 23 classes de longueur à la fourche correspondent à seulement 11 classes de longueur prédorsale.

Sachant que l'estimation de la croissance retenue estime à environ 2 ans l'intervalle de temps correspondant à cet intervalle de longueur, le nombre réduit de

classes de longueur prédorsale rendra très problématique une éventuelle décomposition des modes.

En conclusion, les difficultés, voire l'impossibilité d'établir des filiations modales chez les albacores de grande taille est explicable par de nombreux facteurs.

Comme les lectures directes de l'âge semblent encore peu satisfaisantes, l'estimation de la croissance de ces poissons n'est vraisemblablement que très imprécise ; elle n'apparaît que comme une extrapolation de la croissance observée aux tailles inférieures.

Dans ces conditions, on doit considérer que la structure démographique de la prise des albacores de grande taille demeure très hypothétique.

Cette situation est d'autant plus regrettable que ces poissons sont devenus quantitativement très importants dans les prises des dernières années. Il s'agit là d'un grave problème qui devrait trouver une solution par l'emploi des techniques de lecture directe de l'âge, actuellement en développement.

3-4 CONCLUSION.

La présente analyse suggère donc que, exception faite des albacores de taille moyenne, (70 à 140 cm de longueur à la fourche), pour lesquels la croissance semble bien connue et bien décrite par une loi de VON BERTALANFFY, la croissance de l'albacore demeure l'objet de sérieuses incertitudes.

La croissance des jeunes albacores déterminée, d'une part par la connaissance des saisons de ponte et la méthode de PETERSEN et, d'autre part, grâce aux marquages, semble très lente et voisine de 1.4 cm/mois entre 38 et 65 cm de longueur à la fourche.

L'existence d'une telle phase de croissance lente est difficile à admettre chez un poisson et aurait un caractère exceptionnel. Toutefois, les informations actuellement disponibles tendent toutes à considérer que cette hypothèse de travail est la plus vraisemblable, chez l'albacore de l'Atlantique est.

De nouvelles recherches restent indispensables pour l'étayer ou l'infirmier : marquages à la tétracycline, lecture de pièces osseuses, en particulier des écailles, qui d'après SUSUKI (1974), semblent pouvoir donner des résultats fiables chez les petits albacores :

La croissance des grands albacores demeure très problématique. On peut considérer l'hypothèse d'une croissance différentielle des mâles et des femelles comme

étant vraisemblable, les mâles ayant une taille asymptotique supérieure à celle des femelles. Toutefois, aucune observation directe ne permet valablement d'estimer la croissance de grands individus et seule une extrapolation de la croissance des albacores entre 70 et 140 cm peut être retenue comme hypothèse de travail.

La fiabilité d'une telle extrapolation demeure faible, d'autant plus qu'elle ne concerne au mieux que la croissance moyenne de la population, sans permettre de déterminer la structure d'âge des prises si la variabilité interindividuelle de croissance est élevée, ce qui est probable, ou s'il existe une croissance différentielle des deux sexes.

En conclusion, on peut retenir, au moins provisoirement, la table longueur, poids et âge donnée par le tableau 15 comme étant la meilleure hypothèse actuelle de travail concernant la croissance de l'albacore de l'Atlantique est.

Les analyses des marquages d'albacores avec injection de tétracycline réalisés en 1981 durant l'année listao viendront soit étayer cette hypothèse, soit la remettre en cause.

Tableau 12 : Croissance moyenne des albacores marqués et recapturés dans les intervalles de taille 40 à 70 cm et 70 à 140 cm

| | INTERVALLE DE LONGUEUR A LA FOURCHE | | | | | |
|-------------------------|-------------------------------------|-----------|-------|------------|----------|-------|
| | 40 à 70 cm | | | 70 à 14 cm | | |
| Durée liberté | + 2mois | 1 à 2mois | Total | + 2 mois | 1à2 mois | Total |
| Nombre | 38 | 20 | 58 | 17 | 7 | 24 |
| Croissance (cm/mois) | 1.25 | 1.73 | 1.40 | 3.17 | 3.01 | 3.11 |
| Ecart type | 1.16 | 1.22 | 1.19 | 2.41 | 8.33 | 4.70 |

CHAPITRE 4 - EFFORT DE PECHE DES PECHERIES THONIERES INTERTROPICALES.

4-1 INTRODUCTION : GENERALITES SUR LA COMPLEXITE DE LA NOTION D'EFFORT DE PECHE DANS LA PECHERIE D'ALBACORE.

L'effort de pêche est un concept très classique qui demeure difficile à définir.

En effet, cette notion d'effort de pêche est à la fois économique et biologique :

- sur le plan économique, l'effort de pêche correspond aux moyens mis en oeuvre par l'homme pour capturer le poisson afin de remplir des fonctions multiples : satisfaire des besoins alimentaires, contribuer à l'équilibre d'une balance commerciale, créer de la valeur ajoutée, assurer de l'emploi, etc...

- sur le plan biologique et dynamique qui nous concerne, on dispose traditionnellement d'une équation de base simple :

$$F = q \cdot f$$

où chaque unité d'effort de pêche nominal -f- exercée sur un stock génère un coefficient instantané de mortalité par pêche -F- proportionnel linéairement à un facteur de capturabilité -q- (catchability coefficient).

L'expérience a montré que cette équation ne traduit pas le plus souvent la relation complexe qui existe entre effort nominal et mortalité par pêche. Sur le plan conceptuel, il est préférable d'envisager une relation du type :

$$F = \Phi (f, t, N)$$

dans laquelle la mortalité par pêche est fonction de l'effort de pêche nominal (f), mais aussi du temps (t) et de la taille de la population (N) (ROTSCHILD, 1974).

Certaines techniques mathématiques permettent d'estimer la mortalité par pêche -F- indépendamment de l'effort de pêche, par exemple l'analyse de cohortes ; ces méthodes, pour intéressantes qu'elles soient, reposent plus ou moins fortement sur un certain nombre d'hypothèses (mortalité naturelle, estimation des vecteurs de prises) rarement vérifiées. Elles présentent en outre l'inconvénient de ne pouvoir s'appliquer qu'a posteriori.

L'objectif de la recherche halieutique étant la mise au point d'un outil de prévision, l'analyse fine de l'effort de pêche reste indispensable pour l'élaboration

de ces modèles prédictifs. En outre, l'aménagement des pêcheries reposant largement sur le contrôle de l'effort de pêche, il est indispensable d'analyser dans le détail ce paramètre afin de bien le mesurer. Cette analyse sera faite dans les paragraphes suivants.

Par ailleurs, il faut se rappeler que l'emploi du concept d'effort de pêche a pour le biologiste deux objectifs distincts :

1 - l'estimation de l'abondance de la ressource par l'intermédiaire du calcul des prises par unité d'effort, permettant d'estimer des densités locales.

On définira (ROBSON, 1966; LAUREC, 1977) dans ce but la puissance de pêche locale relative de deux bateaux par le rapport des rendements obtenus quand ils exploitent une même strate spatio-temporelle de densité homogène. L'analyse de l'évolution d'une concentration (§4.5) montrera que le concept de strates homogènes utilisé classiquement pour les pêcheries démersales a peu de signification pour les pêcheries thonières, par suite de l'extraordinaire hétérogénéité spatio-temporelle de la distribution des bancs.

2 - l'estimation de la mortalité par pêche exercée sur la ressource, obtenue par l'intermédiaire du calcul de la puissance de pêche globale des thoniers. Ce concept désignera le rapport des rendements obtenus sur un stock donné par deux bateaux indépendamment des strates spatio-temporelles exploitées : le concept de puissance de pêche globale intégrera en particulier l'aptitude plus ou moins grande pour un bateau d'exploiter les plus fortes densités, par exemple par suite de l'habileté du capitaine à les découvrir ou par suite de la plus grande capacité de transport du bateau qui lui permettra de rester plus longtemps sur des lieux de pêche favorables.

Dans le cas des pêcheries thonières, spécialement celles d'albacores, divers problèmes rendent très complexes cette notion d'effort de pêche :

1 - la multiplicité et l'hétérogénéité des techniques de pêche employées (canneurs, senneurs, palangriers), et la forte sélectivité selon l'âge de chacune des techniques de pêche.

Le coefficient de "capturabilité" sera ainsi variable selon l'engin et selon l'âge des poissons : en conséquence, les efforts de pêche des différents engins ne seront ni additifs, ni standardisables.

2 - la forte hétérogénéité spatio-temporelle de la distribution des albacores :

La distribution des individus en bancs ou en concentrations, ainsi que leur vulnérabilité à chaque engin, sont très variables à court et moyen terme en fonction des conditions locales du milieu, par exemple en relation avec la présence d'un upwel-

ling, d'un front ou de la structure de la thermocline, et à long terme selon les migrations transocéaniques de l'espèce, elles-mêmes dépendant de l'âge.

L'aire de distribution de l'albacore de l'Atlantique est vaste puisque cette espèce est présente entre 25° Nord et 15° Sud, soit sur une surface d'environ 25 millions de km². Si on estime la biomasse des albacores présente dans l'Atlantique à 200 000 t (cf analyse des cohortes) la densité moyenne en albacores est d'environ 8 kg par km², soit un albacore tous les 2 km² (pour un poids moyen estimé à 15 kg). Fort heureusement pour les pêcheurs de thons, ces individus ne sont pas au hasard dans leur aire de distribution ; ils se regroupent au sein de bancs (ou mattes) dont la taille varie de quelques centaines de kilogrammes à quelques centaines de tonnes. Les bancs eux-mêmes ne sont pas au hasard dans l'espace disponible mais groupés au sein de concentrations de bancs qui se forment saisonnièrement dans certaines zones préférentielles. On peut considérer que l'essentiel des captures provient de ces concentrations, bien qu'aucune analyse statistique de la contribution de ces concentrations n'ait été réalisée à ce jour. (Figures 35 et 36).

Les conditions du milieu et leur variations sont un facteur essentiel dans ces mécanismes de regroupement des individus au sein de bancs, et des bancs au sein des concentrations. En effet, on constate que les zones à forts gradients thermiques (fronts ou dômes thermiques) sont des zones préférentielles de concentration des thons où les poissons deviennent vulnérables à certains engins de pêche, principalement à ceux de surface. La structure de la thermocline, profondeur et gradient, semble aussi jouer un rôle important sur la concentration des thons.

Des objets flottants de toute nature ("épaves") peuvent aussi provoquer d'importantes concentrations locales indépendamment des conditions hydrologiques. Le mécanisme de ces concentrations reste inexpliqué mais est très largement utilisé par les pêcheurs pour faciliter leur prospection.

Par ailleurs, l'albacore est une espèce hautement migratrice. On constate ainsi que les albacores de petite taille effectuent des déplacements dans la zone côtière, mouvements mis en évidence par les recaptures de poissons marqués. Les albacores de taille petite et moyenne se concentrent saisonnièrement dans les zones côtières d'upwelling ou de front, riches en plancton et en petits pélagiques côtiers. Tel est le cas, par exemple, dans la zone du Cap des Trois Pointes en juillet-août et dans celle du Cap Lopez du mai à juillet. Les conditions du milieu auront ainsi localement et temporairement une forte influence sur le degré de concentration des thons et donc sur leur vulnérabilité aux engins de pêche.

Au niveau de l'ensemble de l'Atlantique, on peut considérer que les varia-

tions de la vulnérabilité annuelle du stock atlantique à l'effort de pêche seront faibles : en effet, si des conditions locales font que momentanément certaines fractions de stock sont plus vulnérables que la moyenne, ce phénomène sera en général compensé statistiquement par des conditions de médiocre vulnérabilité dans d'autres strates spatio-temporelles. Ceci peut ne plus être vrai dans le cas d'une anomalie hydrologique majeure concernant une vaste zone pendant une longue période. On peut raisonnablement considérer qu'une telle anomalie serait susceptible de modifier, positivement ou négativement, la capturabilité moyenne annuelle du stock.

3 - la forte hétérogénéité spatio-temporelle de la distribution des flottilles thonières :

Cette hétérogénéité est variable selon l'état des pêcheries en fonction de l'évolution des techniques et des tactiques de pêche, et liée à une meilleure connaissance progressive de la localisation probable des ressources.

Une tendance marquée des flottilles de grands senneurs à mieux se concentrer sur les concentrations d'albacores a pu ainsi être mise en évidence pour la flottille FISM (§4.4.3). Une même tendance est vraisemblable pour les autres flottilles (Espagne, Etats Unis) mais n'a pas été analysée.

4 - la nature des opérations de pêche et la difficulté d'estimer la puissance de pêche relative des différents engins :

Il est relativement aisé dans le cas d'engins de pêche traînés, chaluts par exemple, d'estimer la proportion de la population qui est susceptible d'être capturée par l'engin de pêche en fonction de ses caractéristiques. Dans le cas des pêcheries thonières, la partie la plus importante du temps de mer est consacrée à la recherche ; par ailleurs, il est très difficile d'estimer par des méthodes directes la proportion des individus du stock qui est capturée par l'engin de pêche, aussi bien pour les canneurs que pour les senneurs et les palangriers.

5 - le caractère plurispécifique des pêcheries thonières :

L'albacore se trouve mélangé à tous les stades de sa vie à d'autres espèces qui sont exploitées simultanément : en particulier le listao (Katsuwonus pelamis) et le patudo (Parathunnus obesus).

L'orientation plus ou moins forte de l'effort de pêche vers le listao est un problème complexe faisant intervenir diverses composantes :

- sociologiques : liées aux habitudes de pêche des marins.
- économiques : liées à la valeur relative des différentes espèces capturables et à leur abondance.

- techniques : liées aux caractéristiques des engins de pêche, principalement leur capacité de transport et leur puissance de pêche.

Sur le plan sociologique, il apparaît clairement que la flottille franco-ivoiro-sénégalaise a toujours recherché préférentiellement l'albacore. On le vérifie en comparant la proportion albacore-listao dans les captures de thoniers de type voisin, mais de nationalités différentes, ayant pêché dans l'Atlantique de l'est : grands senneurs français, espagnols et américains d'une part, canneurs congélateurs français et japonais d'autre part (tabl.16, fig.36). On constate des écarts importants qui ne sont explicables, ni par des différences techniques entre engins de pêche (qui sont très voisins), ni par des différences économiques, le prix de vente des thonidés suivant une norme internationale. De cette recherche préférentielle de l'albacore on pourra conclure que la flottille FIS sera potentiellement très intéressante pour calculer les indices d'abondance et d'effort concernant l'albacore, bien que ce comportement soit susceptible, on le verra, d'introduire des biais dans les indices d'abondance.

Sur les plans économique et technique, il est essentiel de comprendre comment, d'une part l'évolution du marché (prix de vente relatif de l'albacore et du listao), et celle d'autre part des caractéristiques des engins de pêche (puissance de pêche et capacité de transport) concourent à modifier profondément l'intérêt pour le pêcheur de capturer du listao (ou, en général, une espèce de plus faible valeur marchande).

En règle générale, c'est-à-dire sauf incident, le thonier rentrera au port quand ses cales seront pleines ou quand son autonomie (en vivres ou en gas oil) ne lui permettra pas de rester en mer plus longtemps.

Dans le cas d'un capitaine qui réussit à remplir ses cales de poissons, l'objectif sera pour lui de débarquer la valeur maximale de poissons dans le plus bref délai possible. Cette nécessité de maximiser la valeur de la prise est accentuée, d'une part, par la distance moyenne importante entre zones de pêche et port de débarquement (plusieurs jours de mer), ainsi que par l'immobilisation de plusieurs jours qui résulte du transbordement du poisson quelle qu'en soit sa valeur. Dans le cas d'un bateau qui rentre sans avoir fait le plein de ses cales, toute capture, quelle que soit sa valeur relative, augmentera la valeur de la prise débarquée.

On peut expliciter le problème par le calcul de courbes de gains égaux qui seront obtenus pour chaque catégorie de thonier en fonction de sa p.u.e. d'albacore et de listao, ainsi que de la valeur relative des deux espèces. (Figures 38, 39 et 40).

Le calcul est fait sur les données suivantes :

- 1 - Trois types classiques de senneurs : 90, 400 et 1 000 t de capacité.
- 2 - Une espèce cible principale (type albacore) dont le rendement est fixé par hypothèse et dont la valeur est fixée arbitrairement à un indice 100. Le rende-

ment par jour de mer de l'espèce principale pour les 3 catégories de senneurs a été choisi respectivement égal à 3, 6 et 8 tonnes par jour de mer, ces rendements étant obtenus en moyenne par ces bateaux de 1971 à 1976. Le même calcul a été effectué pour des rendements doubles des précédents afin d'analyser la situation durant des périodes de forte abondance de l'espèce primaire observée, soit saisonnièrement dans la période récente, soit régulièrement dans la période historique.

3 - une espèce accessoire (de type listao) dont le rendement est variable et dont la valeur relative par rapport à l'espèce primaire est aussi variable.

Ce calcul simple permet un certain nombre de conclusions :

- senneur de 90 t de capacité : la puissance de pêche globale de cette catégorie est relativement élevée vis-à-vis de sa capacité de transport. De ce fait, les bateaux reviennent les cales pleines en 30 jours de pêche, s'ils ont un rendement de 3 t/J ou plus rapidement si leur rendement est supérieur. Dans ces conditions, toute capture de listao fera décroître la valeur de la cargaison proportionnellement à l'écart entre les prix de vente des deux espèces. (figure 38).

- senneur de 400 t de capacité : dans le cas des rendements actuels moyens (6 t/J d'albacore) le thonier ne rentre pas les cales pleines dans les limites de son autonomie (45 jours de mer environ). Dans ces conditions, toute capture de listao augmentera la valeur de la prise. Au-delà de 3 t/J de listao, le bateau rentre les cales pleines et effectuera alors des marées plus courtes. Si la valeur relative de l'espèce secondaire est faible, on notera que la réduction de la durée de la marée est associée à une réduction marquée de la valeur de la prise. (figure 39).

Dans le cas de rendements élevés d'albacores par exemple 12 t/J, obtenus par ce senneur de 400 t de capacité, le bateau rentrera les cales pleines en 34 jours s'il ne capture pas de listao. Toute capture de cette espèce entraînera alors une baisse de la valeur de la cargaison associée à une réduction du temps de mer.

- senneur de 1 000 t de capacité : avec le rendement actuel moyen de cette catégorie (8 t/J environ) ces thoniers rentreront toujours les cales à moitié vides s'ils ne capturent que de l'albacore. De ce fait, ils auront pratiquement toujours intérêt à capturer l'espèce secondaire pour augmenter la valeur de leur prise ou réduire la durée de la marée à prix de vente constant. (figure 40).

Avec de forts rendements, le même bateau est en mesure de faire le plein d'albacores en moins de 60 jours de mer. Dans ce cas, la capture de listao tendra à réduire la durée de la marée d'une part et d'autre part la valeur de la cargaison.

En conclusion, l'examen de ces résultats permet de mieux appréhender les éléments favorables à la réorientation de l'effort de pêche vers le listao :

- 1 - augmentation de la capacité de transport moyenne des unités de pêche.
- 2 - augmentation de la valeur relative du listao par rapport à l'albacore.
- 3 - réduction des rendements en albacore résultant de la baisse de l'abondance de ce stock.

Le changement progressif des conditions de pêche à partir d'une pêcherie recherchant presque exclusivement l'albacore vers une pêcherie multispécifique se traduira différemment selon les zones de pêche :

- dans le cas de la zone "à albacores", i. e. dans la zone écologiquement favorable à cette espèce, on constate que les deux espèces sont maintenant capturées indifféremment, là où seul l'albacore l'était à l'origine de la pêcherie.

- simultanément, une partie de l'effort de pêche se dirige vers des zones dites "à listao" où cette espèce est la seule présente en quantités significatives (par exemple l'Angola).

Ces deux évolutions de la pêcherie introduisent des biais dans la tendance pluriannuelle des indices de prises par unité d'effort calculés pour estimer l'abondance de l'albacore.

Ce sérieux problème revêt un caractère général à toutes les flottilles de senneurs ; il n'a toutefois été analysé que pour la flottille FIS.

4-2 ANALYSE DE L'EFFORT DE PECHE DES DIVERS ENGINES DE SURFACE QUI EXPLOITENT L'ALBACORE DANS L'ATLANTIQUE.

4-2-1 Le canneur de type français, sénégalais ou espagnol.

C'est un bateau qui conserve ses captures soit dans la glace (canneur glacier ou glacier), soit les congèle dans de la saumure (congélateur).

Les canneurs capturent en début de marée une quantité suffisante d'appât vivant (petits pélagiques côtiers) avant de pouvoir capturer du thon. Ces bateaux disposent d'une autonomie assez faible : une dizaine de jours pour les glaciers et un mois environ pour les congélateurs. Pendant cette durée les canneurs doivent trouver dans deux zones voisines l'appât et le thon ; ceci leur interdit d'exploiter régulièrement certains secteurs de pêche, en particulier ceux situés au large ou dans les secteurs côtiers quand l'appât y est rare ou difficile à capturer.

La pêche au thon proprement dite consiste à rechercher activement les concentrations de thons. Dès qu'un banc est repéré, le canneur le fixe en jetant de

l'appât vivant et commence la pêche des thons à l'aide de cannes grées avec un câble de nylon et un hameçon sans dard.

La puissance de pêche d'un canneur sur un banc est bien entendu faible vis-à-vis de celle d'un senneur : les opérations de pêche, même menées par plusieurs canneurs simultanément, peuvent ainsi durer plusieurs jours successifs sur un même banc.

En cas de fortes abondances, le canneur rentre au port quand ses cales sont pleines, alors que son autonomie lui permettrait de rester en mer.

FONTENEAU et SOISSON (1975) ont montré, pour les canneurs FISM, que cette saturation des canneurs était fréquente durant la période 1969 à 1973 : 49 % des mois de pêche chez les canneurs de 50 tonnes de capacité, et 42 % chez ceux de 90 tonnes de capacité (figures 40 et 41).

L'hétérogénéité de l'effort des canneurs a été étudiée pour la flottille FISM par FONTENEAU et SOISSON (1975). Les conclusions de cette étude restent valables, bien que cette flottille ne présente plus désormais qu'un intérêt historique.

Les canneurs FISM peuvent être aisément divisés en deux catégories liées au mode de conservation des thons, glace ou congélation. La puissance de pêche locale de ces deux engins est très voisine dans la mesure où celle-ci dépend essentiellement du nombre de pêcheurs et de cannes en action lors des opérations de pêche. Toutefois, l'autonomie plus grande apportée par la congélation donne au deuxième type des rendements annuels supérieurs de 16 %, pendant la période 1969 à 1975.

Les canneurs glaciers peuvent être considérés comme étant relativement homogènes : on le montre en divisant la flottille en deux catégories, glaciers de plus et moins 100 tonneaux de jauge. La prise par unité d'effort par jour de mer de ces deux catégories ne montre aucune différence significative, ce qui permet de conclure à une certaine homogénéité de la flottille. CHAMPAGNAT (1968) note toutefois des différences de rendements entre des glaciers de mêmes caractéristiques selon qu'ils aient des équipages bretons ou basques (la flottille actuelle n'est plus composée que de canneurs basques).

Chez les canneurs congélateurs, la même méthode d'analyse révèle une différence significative systématique entre les rendements par jour de mer des bateaux de plus et de moins de 200 tonneaux de jauge brute (figure 42). En ce qui concerne les tailles des albacores capturés, on notera que celles-ci sont indépendantes de la taille des bateaux, ce qui s'explique aisément par l'homogénéité des méthodes de pêche.

4-2-2 Le canneur de type japonais.

Les bateaux de cette flottille sont basés à Tema, au Ghana. Ils exercent

leurs activités principalement dans le but de capturer des listaos : l'albacore ne représente que 23 % des débarquements moyens de 1970 à 1977, et ne constitue donc pour eux qu'une prise accessoire. Même durant la phase initiale d'activité (1962 à 1969), où cette flottille exploitait fréquemment les mêmes zones que les canneurs français basés à Pointe Noire, le pourcentage de listao était déjà beaucoup plus important chez les canneurs japonais : 62 % de la prise pour les canneurs japonais contre 9 % pour les canneurs de Pointe Noire de 1965 à 1969.

La capacité de transport plus importante de ces canneurs (entre 100 et 400 t) et leur équipage plus nombreux, leur permettent d'obtenir des rendements élevés de listao.

La zone de pêche actuelle de cette flottille est très peu variable : l'appât est capturé le long des côtes du Ghana et le thon est recherché dans le secteur compris entre l'Equateur et le Ghana. Les poissons capturés sont systématiquement de très petite taille, ce qui pose un problème délicat d'identification spécifique : en effet, il s'avère très difficile de distinguer sans autopsie les albacores et les patudos congelés de moins de 3 kg (FONTENEAU, 1975).

L'effort de pêche de cette flottille ne s'exerce donc que de manière indirecte sur l'albacore ; les prises en tonnages d'albacores sont donc relativement faibles : 4 800 t par an en moyenne de 1970 à 1976, soit 5 % environ du tonnage atlantique. Toutefois, par suite de leur taille très petite, poids moyen d'environ 2,5 kg, le nombre des albacores capturés est considérable et ceci rend indispensable une analyse détaillée de l'effort de pêche de cette flottille. Une telle analyse ne peut malheureusement être menée à bien que par les chercheurs japonais par suite de la confidentialité des données de base.

Bien que des statistiques de pêche adéquates soient collectées, il est impossible de comparer la puissance de pêche sur l'albacore de ces canneurs avec celle des autres engins : en effet, par suite du non recouvrement quasi complet des tailles capturées, on doit considérer que ces bateaux n'exploitent pas le même fragment de la population d'albacore. De ce fait, les différences de rendements entre les engins pêchant simultanément dans une même zone, proviennent sans qu'on puisse le déterminer, de différences soit de leur puissance de pêche locales, soit dans l'abondance des groupes d'âges présents.

4-2-3 Les senneurs FISM.

Divers pays exploitent les albacores avec une flottille de senneurs : la France, l'Espagne, les Etats-Unis, la Côte d'Ivoire, le Sénégal, etc...

Ces flottilles fournissent à l'heure actuelle l'essentiel des captures d'albacores (tableau 17).

La flottille des senneurs F.I.S.M. revêt une importance particulière dans les travaux de dynamique des populations des thons tropicaux du fait de sa permanence dans

le Golfe de Guinée depuis plus de 10 ans et de sa couverture par des statistiques de pêche complètes et détaillées. L'évolution des engins ainsi que les modifications de leurs stratégies de pêche seront donc analysées. De plus les livres de bord de cette flottille permettent de collecter depuis deux ans des informations détaillées sur la fréquence journalière des coups de sennes (calées) et les prises par calée. Ces renseignements essentiels à connaître pour bien appréhender l'effort de pêche seront donc analysés.

L'ensemble de l'étude a pour but de calculer des indices d'abondance dans le calcul desquels les biais majeurs détectables auront été éliminés. La principale espèce concernée dans cette analyse sera l'albacore qui reste l'espèce cible essentielle de la pêcherie F.I.S.M. et pour laquelle il est indispensable de disposer d'indices d'abondance non biaisés, par suite de son niveau d'exploitation élevé et de l'emploi systématique des indices de p.u.e. pour estimer l'abondance.

Une étude analogue devrait bien entendu être menée sur les flottilles de senneurs américains et espagnols afin de déterminer dans quelle mesure les présentes observations s'appliquent à ces dernières flottilles. Ce type d'analyse demande des données fines par bateau, accessibles seulement aux scientifiques nationaux.

4-2-3-1 Evolution de la flottille de senneurs F.I.S.M.

Effectifs des différentes catégories :

L'évolution récente de la composition de la flottille F.I.S.M. est montrée figure 43 et tableau 18 (nombre de senneurs par catégorie F.I.S.M. de 1969 à 1978).

Rappelons qu'avant 1969, seuls des senneurs de moins de 100 tonnes de capacité étaient en activité.

On note depuis cette date une augmentation régulière de la taille moyenne des senneurs par accroissement du nombre des grandes unités et réduction du nombre de petits senneurs. Le tableau 19 montre que l'effort de pêche exprimé en nombre de jours de mer traduit une évolution parallèle à celle du nombre de senneurs des différentes catégories.

Rendements des différentes catégories de senneurs :

La figure 44 et les tableaux 20 et 21 montrent la variabilité des rendements en fonction de la jauge brute des thoniers durant les années 1974, 1975, 1976 et 1977. Le rendement annuel total des senneurs est croissant pour les unités de 300 à 800 tonneaux de jauge brute, puis décroît en moyenne pour les unités plus grandes.

On note sur cette figure l'hétérogénéité des rendements des senneurs de catégorie 5 (450 à 750 tonneaux de jauge brute).

On le vérifie aisément en comparant les rendements de deux sous-catégories de

grands senneurs de catégorie 5, ayant respectivement 570 et 608 tonneaux de jauge, pendant la période 1975 à 1977 où ces deux groupes sont en nombre suffisant pour permettre une comparaison significative de leurs rendements.

Les rendements des senneurs de 608 tonneaux sont, pendant ces trois années, significativement supérieurs à ceux des senneurs de 570 Tx (tableau 22).

Cette hétérogénéité peut avoir des conséquences importantes dans les calculs de p.u.e. dans la mesure où l'accroissement de l'effectif de cette catégorie 5, qui a été observée à partir de 1974, s'est opéré par l'incorporation dans la flottille de senneurs de 608 Tx de jauge.

Il existait de même une hétérogénéité dans la catégorie 4, entre les 200 et 300 tonneaux ; leur nombre est devenu négligeable, mais ils sont cependant importants pour l'analyse de la série historique où ces bateaux étaient nombreux et en proportion variable (FONTENEAU-SOISSON, 1975).

En conséquence, il est important de ne pas considérer les catégories 4 et 5 de senneurs comme étant homogènes, car ceci conduit à sous-estimer l'accroissement de l'effort de pêche.

4-2-3-2 Problème du choix de l'unité d'effort.

Généralités :

Trois unités d'effort sont classiquement utilisées dans la pêche thonière ; elles peuvent être définies de la façon suivante :

- le temps de mer est mesuré par le nombre d'heures qui séparent le départ d'un thonier de son retour à un port (qui peut être différent du port de départ).
- le temps de pêche est mesuré par le temps passé sur les lieux de pêche potentiels alors que le bateau est en mesure de capturer du poisson. Les temps morts liés aux pannes, aux tempêtes, à l'absence d'appât pour les canneurs, au retour du bateau quand ses cales sont pleines..., sont exclus de cette durée. Les heures de nuit, considérées comme non propices à la pêche thonière sont également exclues. Cette durée est souvent exprimée par 12 heures dans une unité comparable au jour de mer.
- le temps de recherche est le temps effectivement passé à la recherche active du poisson. Une estimation du temps de recherche active est fournie par le temps de pêche d'où sont déduits les temps morts consacrés aux manoeuvres de la senne, durées pendant lesquelles le bateau est immobilisé.

Les indices d'abondance classiquement utilisés pour la flottille F.I.S.M. utilisent le temps de mer et le temps de pêche. Toutefois, un meilleur indice de den-

sité serait fourni par un indice basé sur le temps de recherche (LAUREC et LE GUEN, 1977).

Les données disponibles permettent d'estimer pour 1977 le nombre de calées, la distribution de taille des calées et la durée des calées en fonction de la prise, permettant ainsi d'estimer ces temps morts et une p.u.e. par temps de recherche.

Pour les années antérieures, une telle connaissance est malheureusement impossible à obtenir : des hypothèses complémentaires concernant le processus de diminution de l'abondance par diminution du nombre et de la taille des bancs, ainsi que sur l'évolution de la durée des calées, seront donc nécessaires pour estimer l'évolution des temps de recherche.

Relations entre la durée d'un coup de senne et la prise :

Les données existantes (figure 45) permettent d'estimer, pour un grand senneur F.I.S.M., la relation entre la durée d'une calée et la prise :

$$T = 0,0253 P + 2,122$$

T = durée en heures, P = prise en tonnes.

Cette relation a été obtenue en 1977 et 1978 sur 5 grands senneurs (1 de catégorie 5, 4 de catégorie 6) et 41 coups de senne (données fournies par M. PRADO de l'I.S.T.P.M.). Du fait de l'hétérogénéité des senneurs et de la taille réduite de l'échantillon, ces données doivent être considérées comme très préliminaires.

Fréquence des prises par calée :

Si les livres de bord ne permettaient pas, jusqu'à une date récente, d'estimer le nombre de calées et les captures de chaque calée, il est possible d'analyser ce paramètre pour l'année 1977. On établit ainsi, pour un échantillon de senneurs de catégories 4, 5 et 6, la fréquence des quantités capturées par calée (fig. 46).

On constate que les calées de fort tonnage (+ de 60 t) sont plus fréquentes chez les senneurs de grande taille. Ceci n'est pas surprenant si l'on se rappelle que les senneurs utilisent des sennes de dimensions (longueur et chute) proportionnelles à leur jauge. De ce fait, l'aptitude à capturer un banc de grande taille semble directement liée à la taille de la senne.

Au contraire, il est probable que les grands senneurs hésitent à lancer leur senne sur des petits bancs, bancs que les plus petits senneurs sont eux à même de capturer. Cette constatation se traduit par une prise moyenne par calée croissante de 6,63 t, 10,98 t et 13,62 t pour les senneurs de catégories 4, 5 et 6 (tableau 23).

Fréquence journalière des calées :

La fréquence journalière des calées semble, chez les grands senneurs, peu dépendante de la taille des bateaux (fig. 42). On notera toutefois une plus grande fréquence relative des jours sans calée chez les petits senneurs de catégorie 4 : cette observation est sans doute à mettre en relation avec le fait que, durant les périodes de faible abondance, cette catégorie ne peut exploiter que les zones côtières alors que les grands senneurs ont la possibilité de partir exploiter les zones du large. Le nombre moyen de calées par jour de mer varie, selon la catégorie, entre 0,60 calée/jour pour les senneurs de catégorie 4, à 0,86 calée/jour pour ceux de catégorie 5 et 6 (tableau 23).

En faisant l'hypothèse que la relation durée d'une calée en fonction de la prise (établie d'après les données de PRADO, figure 44) s'applique pour toute l'année 1977, et pour toutes les catégories de grands senneurs, il est possible d'estimer une prise par heure de recherche active.

Pour les années antérieures, seules malheureusement les p.u.e. par temps de mer, ou de pêche, peuvent être calculées; le problème est alors de faire des hypothèses sur l'évolution possible de la prise par temps de recherche en fonction de la prise par temps de mer ou de pêche.

Estimation du biais introduit par l'emploi des temps de pêche :

Une simulation de la relation prévisible entre les p.u.e. calculées dans ces deux unités, en fonction de l'évolution de la taille et du nombre de bancs, a été réalisée dans ce but. Cette simulation adopte et suppose constante la relation durée d'une calée et prise selon les paramètres estimés en 1977 :

$$T = 0,0253 P + 2,122$$

elle permet de tracer des isocourbes théoriques (figure 48) de p.u.e. par temps de mer et par temps de pêche en fonction de la fréquence des calées et des prises moyennes par calée.

Cette méthode permet d'estimer les conséquences sur nos deux indices, d'une baisse locale de l'abondance selon qu'elle intervienne :

- 1- par une diminution du nombre de bancs, donc une augmentation du temps de recherche entre deux bancs successifs,
- 2- par une diminution de la taille moyenne des bancs, donc de la prise par calée,
- 3- par une combinaison de ces deux paramètres.

On constate que, dans tous les cas, la p.u.e. par 12 heures de pêche sous-estime la baisse de l'abondance mesurée par la p.u.e. par heure de recherche. La sous-estimation est particulièrement forte dans le cas où la baisse de l'abondance intervient par une diminution du nombre des bancs.

4-2-3-3 Répartition de l'effort de pêche entre l'albacore et le listao.

Nature du problème :

La zone caractéristique de distribution de l'albacore est relativement facile à connaître, au moins en première approximation, dans la mesure où pratiquement toutes les prises de surface sont obtenues dans des eaux ayant une température de surface supérieure à 23° (BAGES et FONTENEAU, 1979). Notons que les captures d'albacores de surface qui sont parfois observées dans des eaux plus froides sont explicables :

- soit par des pièges thermiques, par isolement rapide d'une poche d'eau chaude au sein d'une masse d'eaux froides (STRETTA, 1977),
- soit par une mauvaise identification de l'espèce pêchée, les confusions étant très fréquentes entre petits albacores et patudos.

Cette zone, dite à "albacores", n'est pas fixe géographiquement, mais effectue des oscillations saisonnières nord-sud (figure 49). Au sein de cette zone favorable à l'albacore se trouvent, en mélange, diverses espèces de thonidés, par exemple, le listao (Katsuwonus pelamis), le patudo (Parathunnus obesus) ou le germon (Germo alalunga).

Le changement progressif des conditions de pêche à partir d'une pêcherie recherchant presque exclusivement l'albacore vers une pêcherie multispécifique se traduira différemment selon les zones de pêche :

- dans le cas de la zone à "albacores", dans la zone écologiquement favorable à cette espèce, on constate que les deux espèces sont capturées indifféremment là où seul l'albacore l'était à l'origine,
- simultanément, une partie de l'effort de pêche se dirige vers des zones dites à "listao" où cette espèce est la seule présente en quantités significatives.

Ces deux types d'évolution de la pêcherie ont des conséquences distinctes sur les indices de prise par unité d'effort calculés pour estimer l'abondance de l'albacore.

Biais introduits dans les calculs de p.u.e. sur l'albacore par la capture du listao :

a) Dans la zone traditionnelle de l'albacore : l'effet le plus direct de la capture variable de listao est que, pendant la capture de cette espèce, le thonier n'est plus en mesure de rechercher l'albacore : il convient donc d'éliminer de l'effort de pêche sur l'albacore ces durées improductives. Les livres de bord actuels n'indiquant pas les temps consacrés aux manoeuvres de la senne, seules des p.u.e. en temps de mer ou de pêche peuvent être calculées. Le problème est par ailleurs complexe dans la mesure où le listao peut être capturé soit en bancs purs, soit en bancs mélangés avec de l'albacore.

En première approximation, on pourra admettre l'hypothèse que l'estimation du temps total consacré à capturer le thon peut être divisée au prorata des captures sur les deux espèces.

Les données de 1977 permettent ainsi d'estimer que la capture de 100 tonnes de listao diminuera en moyenne le temps de recherche d'un senneur de catégorie 6 ou 5, de 18,1 à 21,9 heures.

Si on analyse les captures de listao dans la zone à albacore (définie entre 5° S et 10° N), on obtiendra des estimations concernant les prises annuelles des grands senneurs F.I.S.M. et la durée d'immobilisation correspondante (tableau 24).

Tableau 24 : Estimation du pourcentage du temps de mer consacré à la capture du listao dans la zone à albacore

| | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 |
|---|------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Prises listao grand senneurs dans zone albacore..... | 218 | 1881 | 13700 | 5345 | 6510 | 8043 | 8160 | 13009 | 16405 |
| Temps de pêche total..... | 528 | 1049 | 1653 | 1674 | 1550 | 3141 | 5878 | 6726 | 5205 |
| Estimation du temps de pêche consacré à capturer du listao (J. pêche senneurs cat. 5) | 4,0 | 34,4 | 250,7 | 97,8 | 119,1 | 147,2 | 149,3 | 238,6 | 300,2 |
| % d'immobilisation due au listao (senneurs cat. 5) | 0,8 | 3,3 | 15,2 | 5,8 | 7,7 | 4,7 | 2,5 | 3,5 | 5,8 |

La capture variable de listao dans la zone à albacore peut donc introduire un biais non négligeable dans le calcul des indices d'abondance d'albacores, biais qui peut conduire à une sous-estimation de l'abondance dépassant 14 % (1971 par rapport à 1969).

b) Hors de la zone traditionnelle à albacores :

Certaines années, à certaines périodes, l'effort de pêche se déplace massivement à la recherche de listao dans des zones où l'albacore est absent en raison des conditions écologiques défavorables.

Un exemple de ce type est mis en relief sur la figure 50 qui représente une situation typique pour la flottille américaine d'exploitation intensive de listao le long des côtes de l'Angola. La flottille américaine, comme d'ailleurs la flottille espagnole, exerce fréquemment cette pêche pure de listao contrairement aux senneurs français chez qui cet effort de pêche est plus rare.

De toute évidence, l'effort de pêche ainsi exercé ne doit pas être comptabilisé dans l'effort de pêche sur l'albacore. Au moins deux techniques permettront de distinguer l'espèce-cible :

1- importance relative des deux espèces dans les captures : il est bien évident que le listao sera dominant dans les zones "à listao". La méthode utilisée autrefois pour la flottille F.I.S.M. considèrerait que si le listao représentait plus de 50 % des prises, l'effort de pêche s'exercerait sur cette espèce (BROADHEAD, 1962 ; FONTENEAU-SOISSON, 1975).

Cette technique est satisfaisante dans les zones propres au listao comme l'Angola. Toutefois, dans certains secteurs où la pêche est véritablement plurispécifique, ce procédé de calcul n'est pas sans poser de sérieux problèmes potentiels : en effet, il n'est pas rare que dans la zone qui est indiscutablement la zone traditionnelle à albacores les captures de listao soient localement plus importantes que celles d'albacores, par suite en particulier d'une abondance réduite d'albacores (fig. 45).

On pressent immédiatement le danger de cette méthode de calcul : un effondrement éventuel du stock d'albacores conduirait progressivement à considérer que tout l'Atlantique intertropical est une zone à listao, sans effets notables sur la p.u.e. calculée dans les dernières strates de bonne abondance relative de l'albacore.

2- critère écologique : le critère le plus simple semble être la présence d'une température favorable à l'albacore. Divers travaux ont montré que les captures de cette espèce par des engins de surface étaient très rares pour des températures de surface inférieures à 23°. BAGES et FONTENEAU (1979), ont confirmé ce résultat pour les

captures de la flottille F.I.S.M. en 1977.

4-2-3-4 Distribution et concentration de l'effort de pêche des
senneurs F.I.S.M.

Généralités :

Deux méthodes sont souvent utilisées pour calculer les indices mensuels de prises par unités d'effort (p.u.e.) :

1 - p.u.e. moyenne pondérée par l'effort de pêche; elle est calculée comme le rapport de la prise totale et de l'effort total (standardisé ou non) durant l'unité de temps choisie. Ce procédé est équivalent à une pondération de la p.u.e. de chaque strate géographique par l'effort exercé dans la strate. Cette méthode, outre sa séduisante simplicité, permet de réduire l'importance relative des strates dans lesquelles un faible effort de pêche a été exercé et où l'estimation de l'abondance par la p.u.e. est imprécise, voire aberrante. Par contre, elle introduit un biais, dû à la concentration variable de l'effort de pêche, dans les strates de forte abondance relative de l'espèce.

2 - p.u.e. moyenne pondérée par la surface : calculée comme la moyenne des p.u.e. obtenues dans les différentes zones (carrés de 1° par exemple) exploitées durant la période; cette méthode est, d'un point de vue théorique, plus satisfaisante, comme l'ont montré GULLAND (1956) pour les pêcheries démersales et GRIFFITH (1960) pour les pêcheries thonières du Pacifique Oriental. Elle permet en effet de calculer un indice de densité qui supprime le biais de la première méthode. Pour fournir un indice correct de densité du stock, le choix des strates géographiques doit répondre à un certain nombre de conditions (GULLAND, 1956) :

- les strates doivent couvrir la zone de distribution du stock,
- la distribution des poissons et de l'effort de pêche doit être homogène au sein de chaque strate géographique,
- un effort de pêche doit être exercé dans chaque strate. Ces conditions sont, le plus souvent, loin d'être remplies dans les pêcheries thonières atlantiques.

Distribution géographique de l'effort de pêche :

a) Nombre de carrés de 1° explorés :

L'examen de la distribution géographique des prises d'albacores révèle l'extension vers le large des pêcheries qui se traduit par l'accroissement du nombre de carrés de 1° exploités annuellement par la flottille F.I.S.M. (tableau 25).

Tableau 25 : Nombre de carrés de 1° explorés par la flottille thonière FISM

| | Moyenne/quinzaine | | | | Total annuel | | | |
|---------|-------------------|-----------------|-----------------|------|--------------|-----------------|-----------------|------|
| | Canneurs | Senneurs moyens | Grands senneurs | FISM | Canneurs | Senneurs moyens | Grands senneurs | FISM |
| 1969... | 50 | 33 | 14 | 69 | 229 | 185 | 109 | 260 |
| 1970... | 46 | 40 | 24 | 76 | 218 | 209 | 166 | 283 |
| 1971... | 47 | 46 | 34 | 82 | 200 | 231 | 193 | 292 |
| 1972... | 40 | 52 | 31 | 83 | 170 | 199 | 189 | 265 |
| 1973... | 35 | 54 | 32 | 84 | 141 | 210 | 207 | 279 |
| 1974... | 26 | 55 | 42 | 87 | 125 | 223 | 210 | 275 |
| 1975... | 16 | 56 | 65 | 98 | 106 | 247 | 284 | 343 |
| 1976... | 14 | 42 | 68 | 90 | 74 | 238 | 356 | 403 |
| 1977... | 13 | 33 | 65 | 82 | 68 | 215 | 376 | 412 |
| 1978... | 13 | 34 | 71 | 92 | 46 | 184 | 400 | 443 |
| 1979... | 14 | 18 | 68 | 84 | 62 | 158 | 363 | 405 |

Le tableau 25 montre que les senneurs de plus de 450 tx de jauge brute, ou grands senneurs, sont la cause principale de cet accroissement observé surtout depuis 1975.

Dans le même temps, la surface prospectée par les canneurs est en baisse constante par suite du départ de cette flottille de Pointe Noire et de son regroupement à Dakar ; les senneurs moyens, après avoir accru leur zone de prospection jusqu'en 1975, restreignent leur zone d'activité depuis cette date.

On notera que le nombre de carrés exploités en moyenne chaque quinzaine par l'ensemble de la flottille F.I.S.M. est relativement constant alors que le nombre total annuel est en forte augmentation. Cette caractéristique de l'évolution de la pêche F.I.S.M. traduit le fait que les zones explorées instantanément par les flottilles se sont peu accrues, les flottilles effectuant des déplacements saisonniers plus importants au cours de l'année en étendant vers le large leur zone de pêche.

b) Distribution de l'effort :

L'effort des senneurs est, bien entendu, réparti très inégalement selon les carrés de 1° qui sont explorés chaque quinzaine. En particulier, une grande proportion de carrés subissent un effort très faible d'une ou deux journées de pêche durant une quinzaine.

Près de 50 % (46,2 %) des carrés explorés en moyenne par les grands senneurs.

dans la période 69-77, subissent un effort inférieur à 12 h par quinzaine, et 70,2 % un effort inférieur à 24 h (tableau 26).

Tableau 26 : Pourcentage moyen du nombre de carrés de 1° explorés en fonction de l'effort exercé (période 1969-1977)

| Effort moyen exercé par carré, par quinzaine (jours de pêche) | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|--|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|
| Senneurs moyens..... | | 34,6 | 27,7 | 10,6 | 6,5 | 4,0 | 2,9 | 2,3 | 1,6 | 1,2 | ,8 | 7,6 |
| Grands senneurs..... | | 46,2 | 24,0 | 8,7 | 5,0 | 3,2 | 2,2 | 1,4 | 1,1 | 1,4 | ,7 | 6,3 |

Le fort pourcentage de carrés de 1° très sommairement explorés mérite un examen attentif car il est bien évident que dans le calcul des indices de p.u.e. non pondérés par l'effort, ils auront un poids statistique considérable. Ces carrés se caractérisent, si on les compare aux carrés qui subissent un effort plus élevé, par des faibles p.u.e. et un écart type élevé de leurs distributions.

Les figures 52. et 53 montrent pour, les senneurs moyens et les grands senneurs, la relation entre la p.u.e. moyenne et l'effort moyen exercé par quinzaine. Les rendements moyens s'accroissent jusqu'à un effort voisin de 10 jours de pêche par carré de 1° par quinzaine, puis se stabilisent au-delà. Le coefficient de variation des p.u.e. (écart type/moyenne) est lui fortement décroissant de 1 à 10 jours de pêche par quinzaine pour se stabiliser ensuite.

L'extension vers le large des zones de pêches, associée à de forts rendements saisonniers durant des saisons de pêche traditionnellement médiocres, rend particulièrement inadaptée la méthode précédemment mise au point avant l'expansion géographique des pêcheries (FONTENEAU-SOISSON, 1975). En effet, celle-ci ne permet pas de tenir compte du facteur zone de pêche dans la mesure où elle est basée sur le rendement moyen global par jour de mer de chaque catégorie après corrections de l'effort sur le listao.

Le poids statistique moyen des nombreux carrés qui subissent un effort de pêche très faible nécessite d'analyser l'évolution de leur nombre et de leur p.u.e. en fonction du temps. Ces résultats sont représentés figures 54 et 55.

Chez les senneurs moyens, la p.u.e. moyenne des carrés où l'effort est inférieur ou égal à 12 h par quinzaine s'est fortement accrue depuis 1973. Par contre, dans les carrés subissant un effort par quinzaine entre 12 et 24 h, les p.u.e. ont une moyenne supérieure mais qui ne montre pas de tendance nette.

Chez les grands senneurs, on observe une p.u.e. régulièrement croissante de 1971 à 1977 dans les carrés subissant moins de 12 h de pêche, et régulièrement décroissante pour ceux où est exercé un effort moyen de 12 à 24 h par quinzaine.

Evolution de la concentration de l'effort de pêche des senneurs.

a) Généralités :

La concentration de l'effort de pêche sur les zones de fortes abondances relatives des albacores est mise en évidence de diverses manières. Parmi celles-ci deux méthodes ont été retenues :

- les indices de GULLAND calculés par le rapport de la p.u.e. moyenne à la moyenne des p.u.e. des carrés de 1° explorés. Un tel indice est égal à 1 si l'effort de pêche est distribué indépendamment des densités locales. Il devient supérieur à 1 si l'effort de pêche se concentre dans les zones de plus fortes abondances, et inférieur à 1 si l'effort se concentre dans les zones de faibles abondances (par exemple quand l'effort de pêche se concentre sur le listao).

- le calcul du coefficient de corrélation entre l'effort et la p.u.e. dans les différents carrés de 1° explorés. Le coefficient de corrélation de rang de SPEARMAN a été employé par suite de la non normalité de la distribution des valeurs qui rend impossible de tester la signification des coefficients de BRAVAIS PEARSON. Les coefficients de corrélation présentent, comme l'ont souligné ROTSCILD et ROBSON (1972), par rapport aux indices de GULLAND, l'avantage d'être bornés entre -1 et +1 et de pouvoir être testés.

Ces deux indices ont été calculés par quinzaine de pêche : en effet, le mois, durée plus souvent employée dans ces calculs, semble une unité trop hétérogène par suite de la forte variabilité des rendements et de la grande mobilité des flottilles thonières, spécialement celles des grands senneurs.

Pour calculer ces indices, on doit choisir d'utiliser ou d'éliminer les carrés dans lesquels un effort de pêche réduit a été exercé.

Ces carrés faiblement explorés se caractérisent par leur grand nombre, par la faible moyenne et la grande variance des p.u.e. (figures 52,53).

L'élimination de ces carrés subissant un très faible effort peut se justifier

si l'on considère le peu de signification probable des rendements ainsi calculés : en effet, un temps de recherche de 12 h signifiera qu'un senneur faisant route à 14 noeuds aura traversé une surface de 11 600 km² en observant une zone dont la surface peut être estimée d'après GREENBLATT (1977) entre 3 000 et 5 000 km², selon les conditions de visibilité, soit 26 à 43 % de la surface durant 7 % de la durée de la période. En toute logique, l'absence de captures dans de si médiocres conditions d'échantillonnage ne signifiera donc pas l'absence de poissons. De même, une forte capture accidentelle obtenue en un jour de pêche, par exemple sur une épave, ne traduira pas non plus une forte densité dans la strate secteur de 1°/quinzaine.

S'il est aisé d'admettre le peu de signification des indices de p.u.e. calculés avec des efforts très faibles, il s'avère très difficile de déterminer objectivement un seuil d'effort significatif.

Le problème est d'autant plus sérieux que l'élimination, dans le calcul de la p.u.e. moyenne, des nombreux carrés peu explorés risque d'introduire un biais important.

Les deux indices, de concentration de GULLAND et corrélation de SPEARMAN, ont donc été calculés avec des seuils d'efforts de pêche jugés significatifs, respectivement égaux à 0,12 et 24 h (par 1° et par quinzaine).

b) Résultats : indices de concentration de GULLAND.

Les calculs ont été effectués successivement pour les senneurs moyens (catégorie moins de 450 tx de jauge brute) et les grands senneurs (plus de 450 tx de jauge brute).

Senneurs moyens :

Les résultats annuels, de 1969 à 1977 (moyenne des 24 quinzaines) sont donnés sur le tableau 27 et représentés figure 56. Pour l'ensemble des carrés exploités, l'indice de GULLAND montre une tendance légèrement croissante de 2.0 à plus de 2.5 de 1969 à 1976, puis décroît fortement en 1977. Avec un seuil d'effort de 12, 24 ou 48 h l'indice ne montre pas de tendance marquée et demeure stable de 1969 à 1977 à un niveau plus faible s'expliquant aisément par l'élimination des nombreux carrés ayant un effort et des p.u.e. faibles.

Grands senneurs :

Les résultats sont donnés sur le tableau 27 et représentés figure 57. Pour l'ensemble des carrés exploités sans discrimination de l'effort exercé, les indices de GULLAND sont en augmentation régulière et forte de 1969 à 1979. La même tendance s'affirme encore plus marquée si les carrés de 1° avec moins de 12 h sont éliminés. La tendance de l'indice reste croissante pour un seuil d'effort de 24 h.

Tableau 27 : Indices de concentration de GULLAND sur l'albacore pour les senneurs F.I.S.M. Moyenne annuelle des 24 quinzaines. Les carrés dans lesquels un effort inférieur à -f- a été exercé dans la quinzaine sont éliminés des calculs (f = 0, 12 h, 24 h).

| | f(h.) | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 |
|-----------------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Senneurs moyens | 0 | 2,1 | 2,6 | 2,4 | 2,7 | 3,3 | 2,4 | 2,5 | 2,4 | 1,8 | 2,2 | 1,9 |
| | 12 | 1,6 | 1,8 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 1,8 | 1,9 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,2 |
| | 24 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,2 | 1,2 | 1,5 | 1,2 | 1,2 | 1,1 |
| Grands senneurs | 0 | 2,3 | 2,6 | 2,2 | 2,9 | 3,1 | 2,7 | 3,0 | 2,8 | 2,5 | 3,3 | 2,6 |
| | 12 | 1,4 | 1,2 | 1,5 | 1,6 | 1,8 | 1,6 | 2,0 | 2,2 | 2,2 | 2,9 | 2,4 |
| | 24 | ,9 | ,9 | 1,1 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1,5 | 1,5 | 1,4 | 1,8 | 1,6 |

c) Résultats : indices de corrélation de SPEARMAN entre l'effort et la p.u.e. par carré de 1°.

La figure 58 montre, pour les senneurs moyens et les grands senneurs, les coefficients par quinzaine de pêche en fonction de leur signification, selon une classification en 3 groupes : corrélation non significative entre l'effort exercé dans les différents carrés et les p.u.e. obtenues, existence d'une corrélation significative au seuil de 5 % et au seuil de 1 %.

Senneurs moyens :

Les corrélations sont le plus souvent significatives entre effort et p.u.e. si tous les carrés de 1° sont retenus. Le grand nombre de carrés de 1°, avec des faibles efforts et des faibles p.u.e., est sans doute largement responsable de ces fortes corrélations. Les corrélations sont moins bonnes quand les carrés avec un effort réduit sont éliminés. Dans les deux cas, on note que l'année 1977 se caractérise par une médiocre corrélation des efforts et des p.u.e. chez les senneurs moyens.

Grands senneurs :

On constate une augmentation régulière dans le temps des corrélations effort-p.u.e. Dans la phase initiale d'activité des grands senneurs-1969 à 1973, et durant certaines saisons de pêche (avril à juin par exemple)- l'effort de ces thoniers est peu concentré sur les fortes p.u.e., alors qu'à d'autres périodes de l'année la corrélation effort-p.u.e. est toujours élevée. Dans la période récente 1974-1977, la proportion des quinzaines avec une forte corrélation effort-p.u.e. s'accroît, toutes les quinzaines de pêche montrent des coefficients significatifs durant 1976 et 1977. Comme pour les senneurs moyens l'élimination des carrés faiblement prospectés diminue les corrélations effort-p.u.e., spécialement de 1969 à 1973 où l'effort est plus faible.

d) Discussion :

L'évolution marquée de la concentration des flottilles sur l'albacore est un fait majeur dans l'évolution de la pêcherie F.I.S.M. Il est très probable que ces changements sont partiellement en relation avec l'évolution de l'effort de pêche des différentes catégories. Cela est particulièrement net chez les grands senneurs dont l'effort s'est fortement accru de 1969 à 1977. Cette constatation est à rapprocher du nombre de carrés de 1° explorés en moyenne chaque quinzaine, qui s'accroît aussi avec l'effort de pêche mais moins vite que celui-ci. En outre, il est important de noter que si les indices de concentration sont calculés indépendamment pour les deux groupes de senneurs, ceux-ci participent en réalité à une même pêcherie (ainsi que les canneurs mais marginalement) où la découverte d'une nouvelle zone de pêche par l'un quelconque des engins peut bénéficier à l'ensemble des flottilles ayant accès à la zone. Ainsi, une nouvelle concentration de thons découverte dans la zone côtière sera exploitée par tous les engins, alors que, située très au large, elle ne le sera que par les grands senneurs.

En outre, les indices calculés concernent l'espèce cible principale de la pêcherie F.I.S.M., l'albacore, alors que les thoniers F.I.S.M. exploitent d'autres espèces, en particulier le listao. Il est certain que, durant les périodes de forte abondance du listao, une partie de l'effort de pêche peut se concentrer sur cette espèce. Cette situation est particulièrement nette chez les senneurs moyens en 1977 pour lesquels les indices de concentration sur l'albacore ont été très faibles : la prise de ces bateaux étant composée de 52 % de listao (contre 38 % chez les grands senneurs), il est très vraisemblable que l'effort de pêche de ces bateaux s'est saisonnièrement concentré non pas sur l'albacore, mais sur le listao.

4-2-3-5 Les concentrations d'albacores.

Cette notion de concentration est un concept fréquemment évoqué dans l'étude des pêcheries de thonidés. Dans le détail, peu d'études descriptives basées sur des observations à bord de flottilles thonières ont été publiées.

Pour mener à bien une telle étude, il est nécessaire d'analyser les statistiques de pêche selon une stratification fine : le jour et le mille par exemple, ce qui rend difficile l'étude systématique de ce paramètre.

Un exemple, la saison de pêche du Cap Lopez de juillet à septembre 1977, a été choisi au vu des prises importantes et de la permanence pendant presque trois mois d'un effort de pêche significatif. Ce secteur est défini entre les latitudes 1° N et 5° S et les longitudes 3 à 10° E. Cette exploitation intensive fait suite à une période de 6 mois pendant laquelle aucun effort de pêche significatif n'a été exercé dans ce secteur. L'analyse porte sur un échantillon sélectionné de grands senneurs

français dont les livres de bord ont été remplis journalièrement avec précision en ce qui concerne les positions de pêche, le nombre de calées et les prises. Il est aisé de connaître les prises par quinzaine dans le secteur pour l'ensemble de la flottille F.I.S.M. et de calculer les facteurs d'extrapolation correspondants. Cette opération est malheureusement difficile à réaliser au niveau de l'ensemble des flottilles ayant exploité la concentration, par suite de l'insuffisance des statistiques de pêche de certains pays : seules les captures des grands senneurs américains et des canneurs japonais sont connues.

Deux types de concentrations de thons peuvent schématiquement être mis en évidence :

1) "Hyperconcentrations" ou très fortes concentrations présentes plusieurs jours sur une très petite surface : un tel type de concentration est observé du 6 au 15 juillet 1977 à l'ouest de l'île de Sao Tomé. La surface moyenne exploitée de cette concentration est d'environ 100 milles, soit seulement $1/9$ d'un carré de 1° qui est l'unité géographique standard des statistiques thonières (figure 59). Du 5 au 28 juillet, un nombre élevé de calées est effectué par la flottille échantillonnée : 329 calées pour 166 jours de mer, soit une moyenne de 2 calées par jour et par bateau. Les prises de l'échantillon atteignent 4 228 tonnes, dont 54 % d'albacores, avec un rendement moyen de 24.7 tonnes par jour.

On notera que cette concentration garde la même position géographique durant une période de 8 jours, puis après s'être déplacée vers le sud d'une trentaine de milles, dérive rapidement vers l'est à une vitesse apparente d'environ 17 milles par jour du 15 au 22 juillet; et semble se disperser dans le secteur du Cap Lopez. Ce déplacement apparent correspond probablement à un mouvement réel des thons au sein du sous-courant de Lomonosov qui est situé très exactement dans l'axe du déplacement de cette concentration. La vitesse apparente de cette concentration est inférieure à la vitesse de la veine la plus rapide du dit courant qui, située vers 40 m de profondeur, possède à cette saison une vitesse d'environ 80 cm/s à 1 m/s, soit 38 milles par jour (HISARD et al., 1976).

2) Concentrations lâches : ce type de concentration est observé en août et septembre 1977 dans le secteur du Cap Lopez (figure 59), cette concentration étant sans doute issue, au moins partiellement, de celle exploitée en juillet plus à l'ouest. On constate que jusqu'à l'arrêt de la pêche dans le secteur, le 19 septembre, la zone de pêche est relativement étendue et couvre en permanence plusieurs carrés de 1° de côté. Le listao est largement majoritaire et représente 66 % des captures dans le secteur durant les mois d'août et septembre, cette proportion étant très constante durant les deux mois d'exploitation. Un total de 5 676 tonnes de thons sera capturé par la flottille échantillonnée durant 424 jours de mer, 452 calées ayant été effectuées, soit 1,07 calée par jour de mer.

Sans vouloir chercher à déterminer dans quelle mesure ces observations sont extrapolables ou non à l'exploitation d'autres concentrations, il est du plus grand intérêt d'analyser, à titre d'exemple, la dynamique de la concentration exploitée et les paramètres de cette pêcherie locale.

Quelques traits majeurs de l'évolution de la concentration doivent être notés :

- ce secteur a une surface exploitable de 33 carrés statistiques de 1°, les prises provenant de 22 carrés de 1°. La surface de la concentration exploitée est approximativement constante durant la saison de pêche.

Les prises par unité d'effort exprimées par temps de pêche ou par temps de recherche (c'est-à-dire en excluant du temps de pêche les temps morts consacrés aux calées) montrent des fluctuations et des tendances voisines ; la p.u.e. par temps de recherche montre toutefois une diminution plus forte durant la saison de pêche (figure 60).

- Très forte prise par unité d'effort du 6 au 10 (supérieure à 30 tonnes par jour de mer) suivie d'une diminution rapide (du 11 au 26 juillet) puis d'une relative stabilité à un bas niveau, et d'une forte baisse à partir du 13 septembre (figure 60 a et d).

- Tendence décroissante de la p.u.e. en listao, exception faite d'un maximum des p.u.e. observé du 25 juillet au 5 août (figure 60 b et c).

- Diminution régulière du nombre total de calées par jour de mer durant toute la période; c'est-à-dire du nombre de bancs rencontrés dans le secteur (malheureusement les livres de bord ne permettent pas de déterminer les espèces constituant les bancs rencontrés) (figure 61a).

- Parallèlement au point précédent, augmentation régulière durant toute la période de la proportion des jours où aucune calée n'a été effectuée, c'est-à-dire de la proportion des senneurs présents dans le secteur sans avoir rencontré au moins un banc dans la journée considérée (figure 61 f).

- La prise par calée (figure 61 a, b et c) montre une variabilité importante. Toutefois ce paramètre ne semble manifester aucune tendance nette durant la période étudiée. De ce fait, la diminution de la p.u.e. est probablement explicable, beaucoup plus par une diminution du nombre de bancs que par une baisse de leur taille moyenne (cela ne sera vrai que dans la mesure où la prise par calée traduit la taille des bancs).

La capture totale enregistrée dans le secteur du 1er juillet au 20 septembre par les flottilles française, ivoirienne, américaine et japonaise peut être estimée à 21 000 tonnes (soit 21 % de la prise annuelle réalisée par les pêcheries de surface

atlantique). Ont probablement aussi exploité cette concentration les canneurs coréens et ghanéens dont les zones de pêche exactes ne sont pas connues. Les senneurs espagnols exploitaient à cette saison le secteur de Dakar et se trouvaient tous, semble-t-il, hors du secteur de l'étude.

Grâce à quelques hypothèses il est possible d'estimer le taux d'exploitation de la concentration et l'importance de la population sous-jacente. La méthode employée est l'analyse des cohortes qui est ici utilisée dans un cadre particulier : le vecteur des prises est constitué par le tonnage total capturé par périodes de 5 jours, la population sous-jacente calculée étant donc la biomasse théorique exploitée.

On fait, dès lors, les hypothèses suivantes :

- la croissance pondérale est supposée nulle durant l'intervalle de 3 mois.
- La mortalité naturelle est nulle et la population exploitée est supposée isolée, c'est-à-dire qu'il n'y a ni émigration, ni immigration dans la zone durant la période.

- La baisse de la prise par unité d'effort traduit donc la baisse de l'abondance ; la p.u.e. employée est calculée par 10 heures de recherche, cette unité étant jugée la plus représentative (LAUREC et LE GUEN, 1977). On admet donc que les variations du milieu introduisent un résidu aléatoire dans la p.u.e. mais que la disponibilité du stock ne manifeste pas de tendance durant les 3 mois de la saison de pêche.

Cette hypothèse supplémentaire permet de choisir parmi les multiples solutions de l'analyse des cohortes le vecteur de taux d'exploitation qui correspond à une population sous-jacente ayant la même tendance que la p.u.e. observée ; on choisira cette solution en minimisant la somme des carrés des écarts entre les deux vecteurs des populations théoriques et des p.u.e. observées.

Les résultats obtenus sont représentés figure 62.

Dans le cadre de nos hypothèses, on obtient les estimations suivantes : la population initiale est estimée à 23 900 t si les p.u.e. de référence sont exprimées en tonnes par 10 heures de recherche, et à 25 300 t si les p.u.e. sont en nombre de calées par 10 heures de recherche.

Le taux moyen d'exploitation par périodes de 5 jours est de 10 % (tableau 28). Les facteurs q de "capturabilité" reliant la mortalité par pêche au nombre de jours de pêche et de recherche sont donnés sur le tableau 28. On notera un accroissement de ce facteur durant la deuxième moitié de la période d'exploitation. Cet accroissement est particulièrement net quand l'effort est exprimé en jours de pêche. Cela peut s'expliquer par le fait que, durant les périodes de fortes abondances, le thonnier est immobilisé par des manoeuvres de senne durant une partie importante de son temps de mer, alors qu'aux faibles niveaux d'abondance, les temps de prospection durant chaque jour de mer seront beaucoup plus importants.

4-2-3-6 Conséquences possibles de l'évolution des stratégies de pêche sur des stocks à concentrations saisonnières.

En ce qui concerne l'albacore, l'existence de fractions de populations qui se concentrent temporairement dans certaines zones, où elles deviennent particulièrement vulnérables à certaines pêcheries, peut aussi jouer un rôle très important dans la dynamique du stock et de la pêcherie.

On montre aisément les conséquences éventuelles de ces mécanismes grâce à un modèle de simulation ayant les caractéristiques suivantes : un certain nombre d'individus sont disponibles dans une unité spatio-temporelle donnée pour une flottille de grands senneurs. La mortalité naturelle est supposée nulle, car jugée négligeable durant une saison de pêche. Il n'y a ni émigration ni immigration à partir de (ou vers) la cellule qui est isolée. Le nombre de grands senneurs qui exploitent la concentration est variable ; ces bateaux restent dans la même zone de pêche tant que leurs rendements sont supérieurs à 3 tonnes par jour de pêche ; sinon, tous les thoniers partent à la recherche d'une autre concentration indépendante qu'ils trouvent immédiatement et exploitent à nouveau. Le nombre d'individus, dans chacune des concentrations, est variable de 500 000 à 1 000 000, d'un poids moyen de 20 kg. Le facteur q permettant de calculer la mortalité par pêche générée par unité d'effort nominal est constant et égal à 0.001.

On obtient les résultats suivants :

Pour des valeurs jugées "raisonnables" des populations initiales présentes dans une concentration (10 000 à 20 000 t), les captures réalisées par 10 à 15 senneurs sont relativement faibles et les rendements ne descendent pas jusqu'au niveau critique de $3t/J$ (figure 56). Si le nombre de thoniers est plus élevé (20 à 50) le rendement ne décroît plus parce que les bateaux exploitent de nouvelles concentrations.

On peut ainsi, à titre d'exemple, comparer la dynamique de 3 concentrations indépendantes, soumises à des efforts de pêche croissants, dans le cadre des hypothèses de base du modèle.

Trois concentrations de 10 000 t chacune sont présentes, dans un premier exemple. Cinq senneurs exploitent la première concentration rencontrée pendant les 3 mois où elle est disponible et laissent vierges les deux autres concentrations. Ils obtiennent un rendement moyen de 8.1 t/JM et capturent 3 645 t. La biomasse totale de la population constituée par les 3 unités a diminué de 30 000 t à 26 355 t.

Dans un deuxième exemple 40 senneurs exploitent la même ressource. Ils auront atteint le rendement critique en 31 jours pour chaque concentration. Ils obtiendront, en 3 mois, un rendement moyen de 5.7 t/J et captureront 21 318 tonnes. La biomasse totale de la population n'est plus que de 6 860 tonnes.

La p.u.e. a donc, entre ces deux exemples, subi une diminution d'un indice 1.00 à 0.70, alors que la biomasse était réduite d'un niveau 1.00 à un niveau 0.25. Dans le même temps, l'effort augmentait dans un rapport 1 à 8 et entraînait une augmentation de la prise de 1 à 5.9.

Ces résultats ne seront représentatifs d'une réalité que dans la mesure où les concentrations de thonidés se comportent comme autant de stocks momentanément isolés, exploités par des flottilles ayant une stratégie voisine de la précédente. Il est cependant probable que ce mécanisme peut conduire à sous-estimer temporairement, mais peut-être largement, les baisses d'abondance du stock qui résultent de l'accroissement rapide de l'effort de pêche quand une pêcherie exploite un nombre croissant de concentrations. Ce biais dans l'estimation de l'abondance, s'il existe, ne sera que temporaire. A moyen terme, par exemple après un cycle annuel ou deux, ce biais doit être résorbé progressivement par les migrations et les mélanges des individus qui conduisent à la formation de nouvelles concentrations de thons.

4-2-3-7 Calcul d'un indice de prise par unité d'effort pour l'albacore.

a) Méthode de calcul.

L'analyse des données qui précède a mis en évidence un certain nombre de biais possibles dont il est indispensable de tenir compte si l'on cherche à estimer l'évolution de l'abondance de la ressource. Un nouvel indice d'abondance a donc été calculé pour l'albacore de la manière suivante :

- la base de temps est la quinzaine de pêche, strate jugée plus homogène que le mois de débarquement précédemment utilisé, du fait des variations de rendements rapides dans la pêche thonière,

- la zone d'albacore dans laquelle la p.u.e. est calculée est déterminée selon un critère hydrologique par la présence d'eaux de surface ayant une température supérieure à 23°, sans tenir compte des captures de listao. Les isothermes moyens mensuels extraits de l'atlas d'HASTENRATH et LAMB (1978), obtenus à partir des observations de navires marchands ont été utilisés. L'emploi de cette méthode est rendue indispensable par la baisse des prises d'albacores dans certaines zones traditionnelles de cette espèce (cf. figure 51). Ce procédé de calcul semble surtout intéressant dans l'avenir où on ne peut exclure l'hypothèse d'une future baisse d'abondance du stock d'albacores déjà fortement exploité. Dans cette hypothèse, ce mode de calcul permettra de ne pas éliminer des calculs les strates spatio-temporelles dans lesquelles l'albacore est devenu moins abondant que le listao par suite de son abondance réduite, ou d'une abondance exceptionnellement forte de listao.

- l'analyse des rendements des senneurs a montré la forte hétérogénéité des catégories actuelles, spécialement les catégories 4 et 5. Il apparaît surtout que l'accroissement de l'effort de pêche de chaque catégorie se fait par l'incorporation au sein de chaque groupe, de senneurs ayant des caractéristiques très voisines mais une puissance de pêche supérieure ; ceci introduit un sérieux biais tendant à sous-estimer l'accroissement de l'effort de pêche si la catégorie est jugée homogène.

Une standardisation des puissances de pêche des senneurs est donc effectuée au sein de chaque engin (senneur moyen et grand senneur), en calculant pour chaque bateau individuellement un coefficient de puissance de pêche. Ces coefficients sont calculés en fonction d'un bateau type de référence (choisi dans la moyenne de chaque engin) par le rapport des rendements annuels moyens de chaque senneur durant la période où les deux senneurs ont pêché en commun. Le temps de mer de chaque senneur (par carré de 1° et par quinzaine) est ensuite multiplié par son facteur de puissance de pêche. La distribution des facteurs de puissances de pêche ainsi calculés est représentée figure 64.

- l'indice de p.u.e. est calculé chaque quinzaine dans les différents carrés de 1° exploités pour chaque engin (moyens et grands senneurs). Ce calcul est effectué dans la zone côtière de l'Atlantique (définie par la somme des trois zones I.C.C.A.T. de Dakar, Abidjan et Pointe Noire), puis dans l'ensemble de l'Atlantique de l'est. Le même calcul est réalisé successivement en incluant tous les carrés de 1° explorés, puis en éliminant ceux dans lesquels un effort de pêche inférieur à 12 h puis 24 h a été exercé par quinzaine.

L'indice de p.u.e. de chaque quinzaine n'est calculé que si un nombre minimum de carrés de 1° ont été exploités : un seuil de 5 carrés de 1° par quinzaine a été choisi pour ces calculs.

Ce type de calcul (moyenne des p.u.e. dans les différents carrés de 1°) a été employé afin d'éliminer les biais dus à la concentration variable de l'effort de pêche dans les zones de forte abondance relative. Cette méthode a en outre l'avantage de permettre des calculs de p.u.e. pour des secteurs de pêche quelconques et de tenir compte en particulier de l'extension vers le large des zones de pêche.

b) Résultats.

Les résultats obtenus sont donnés sur le tableau 29 et sur la figure 65. Les rendements en albacores manifestent une tendance décroissante régulière mais variable en valeur absolue selon la méthode de calcul (seuil d'effort en particulier) et la zone d'étude. Les estimations d'abondance obtenues selon la méthode traditionnelle (FONTENEAU-SOISSON, 1975) sont finalement assez peu différentes de celles obtenues par la présente méthode, si ce n'est que la baisse de l'abondance est en général plus accentuée par la nouvelle méthode de calcul.

4-2-3-8 Conclusions relatives à l'effort des senneurs F.I.S.M.

La présente analyse des données existantes confirme, s'il en était besoin, que les prises par unité d'effort d'une flottille de senneurs ne permettent vraisemblablement pas d'estimer sans biais les variations d'abondance des stocks de thons. L'ensemble des biais mis en évidence ou soupçonnés concourent, pour la plupart, à surestimer l'abondance actuelle des stocks. Cela s'expliquera très simplement par le fait que le pêcheur améliore sa technique de pêche et modifie sa stratégie afin de maintenir des rendements stables malgré la baisse d'abondance des ressources.

Divers facteurs permettent d'expliquer cette tendance particulièrement forte dans l'évolution de la pêcherie de senneurs F.I.S.M

Certains sont facilement mis en évidence : par exemple la puissance de pêche accrue des nouveaux thoniers, l'évolution de la concentration des flottilles sur les concentrations de thons. La présente étude suggère que ce mécanisme pourrait introduire un biais provisoire mais important dans les estimations actuelles de l'abondance, biais lié au fait que les p.u.e. restent bonnes tant que la flottille est en mesure de détecter de nouvelles concentrations de thons.

D'autres biais apparaissent vraisemblables et pourraient être mis en évidence si des données adéquates avaient été recueillies dans le passé, par exemple :

1) une diminution probable, de 1969 à 1980, de la durée des coups de senne, à taille égale de bancs.

2) La nature de la relation entre la p.u.e. par temps de pêche et celle par temps de recherche qui fait qu'une forte diminution du nombre des bancs peut entraîner qu'une baisse modérée des p.u.e. par jour de pêche, données seules disponibles actuellement.

3) Une amélioration technologique des sennes qui les rend plus performantes (vitesse de plongée).

Enfin divers biais non quantifiables sont aussi probables :

- amélioration de la connaissance des lieux et des saisons de pêche favorables,

- amélioration de la compétence d'un nombre croissant de capitaines de pêche,

- acquisition d'informations permettant des prospections plus efficaces

(télédétection par satellites, prospections par avion, point par satellite, etc...).

L'ensemble de ces éléments suggère fortement que la baisse des p.u.e. observée de 1969 à 1979 sous-estime sans doute largement la baisse de la biomasse du stock d'albacore actuellement exploité. Par contre la p.u.e. ne mesurant au mieux que l'abondance de la fraction exploitée de la population, il demeure probablement des fractions de population dont la c.p.u.e. ne peut mesurer l'abondance.

4-2-4 Les palangriers.

Les palangriers ont été les premiers bateaux à exploiter les thonidés inter-tropicaux, l'albacore ayant toujours constitué pour eux l'une des espèces les plus recherchées. De nombreux pays utilisent actuellement ce mode de pêche : le Japon, la Corée, le Brésil, le Venezuela, Cuba, Taïwan... Toutes ces flottilles utilisent fondamentalement le même engin de pêche qui est une ligne munie de plusieurs milliers d'hameçons, immergée dans des tranches de profondeurs comprises entre 70 et 200 m. Chaque ligne est relevée régulièrement selon un cycle de 24 heures. Les caractéristiques des bateaux -autonomie et capacité de transport- sont par contre très variables. Ces différences dans les caractéristiques permettent aux plus grandes unités (Cuba, Corée), d'exploiter l'ensemble de l'océan Atlantique, les plus petites étant limitées aux zones relativement côtières proches de leur port d'attache (Brésil et Venezuela par exemple).

L'effort exercé par les palangriers sera généralement exprimé en nombre d'hameçons posés et la prise par unité d'effort en prise (nombre ou poids) par 1000 hameçons.

Ne disposant d'aucune donnée originale relative à l'effort de pêche des palangriers, ce paramètre ne sera pas analysé dans la présente étude.

4-3 CONCLUSION SUR L'EFFORT DE PECHE DES FLOTILLES THONIERES.

La présente analyse, bien que portant sur une fraction des flottilles en activité, confirme la grande complexité de la notion d'effort de pêche pour les thoniers intertropicaux qui exploitent l'albacore. Seul l'effort nominal exprimé sous forme de nombre de thoniers ayant des caractéristiques données constitue une donnée objective. La relation entre cet effort nominal et la mortalité par pêche exercée sur le stock d'albacore est, par contre, extrêmement difficile à cerner ; il en est de même de l'abondance du stock qui est calculée à partir de la prise par unité d'effort. On peut considérer que les causes principales de ces difficultés sont les suivantes :

- l'évolution complète et rapide des techniques, des méthodes, des habitudes et des zones de pêche qui ne permet pas de disposer de séries chronologiques homogènes,
- la multiplicité de types de pêche dont l'effort de pêche n'est pas comparable, dans la mesure où chacun capture une fraction d'âges donnée dans le stock,
- le mode de distribution des albacores dont les fortes variations spatio-temporelles de densité, en relation avec les migrations verticales et horizontales, qui introduit une forte variabilité de la capturabilité de la population.

CHAPITRE 5 - ANALYSE DES COHORTES.

5-1 GENERALITES.

5-1-1 Présentation mathématique de la méthode.

La connaissance du nombre d'individus capturés par une ou plusieurs pêcheries sur une cohorte en fonction du temps, permet, grâce aux techniques d'analyse des cohortes, d'estimer l'évolution de la mortalité et de l'effectif de cette cohorte depuis son recrutement dans la pêcherie jusqu'à son extinction, réelle ou apparente. Dans la pratique diverses méthodes de calcul ont été proposées par divers auteurs sous des vocables différents.

La méthode de calcul la plus classiquement employée pour l'albacore (FONTE-NEAU et LENARZ, 1974) est celle proposée par TOMLIMSON (1970), qui n'est qu'une généralisation de la méthode de MURPHY (1965).

Soit N_i le nombre de poissons dans une cohorte présents au début de l'intervalle i ; le nombre de poissons au début de l'intervalle suivant sera égal à :

$$N_{i+1} = N_i \cdot e^{-t_i (F_i + M_i)}$$

La prise (C_i) durant cet intervalle sera fonction de l'effectif (N_i) de la cohorte et du taux d'exploitation E_i :

$$C_i = N_i \cdot E_i$$

$$\text{où } E_i = \frac{F_i \cdot (1 - e^{-t_i (F_i + M_i)})}{F_i + M_i}$$

De même la prise C_{i+1} durant l'intervalle de temps suivant, sera déterminée par la mortalité totale subie durant le premier intervalle ($F_i + M_i$) et par le taux d'exploitation subi par la cohorte durant l'intervalle $i + 1$:

$$C_{i+1} = N_i \cdot e^{-t_i (F_i + M_i)} \cdot E_{i+1}$$

Ainsi le rapport R des prises réalisées durant deux intervalles de temps successifs C_{i+1}/C_i , est égal à

$$R = e^{-t_i (F_i + M_i)} \cdot \frac{E_{i+1}}{E_i}$$

Si la prise C durant l'intervalle $i + 1$ est nulle, seule la mortalité naturelle s'appliquera durant l'intervalle, mais on pourra de même calculer R_{i+1} rapport C_{i+2}/C_i

$$R_{i+1} = e^{- (t_i (F_i + M_i) + t_{i+1} \cdot M_{i+1})} \cdot \frac{E_{i+2}}{E_i}$$

Si M et C sont connus durant toute l'exploitation de la cohorte, il suffira alors de connaître l'un quelconque des N_i ou des F_i pour déterminer de proche en proche, par itérations de F_i , tous les éléments des vecteurs F et M.

D'un point de vue pratique on calculera généralement les vecteurs de F et N à partir de la mortalité par pêche durant le dernier intervalle (solution inverse).

Les deux méthodes de calcul, directe et inverse, donnent évidemment le même résultat : à un F_1 (N_0) donné de la solution directe correspondra un F final, qui utilisé comme estimation de F de la solution inverse permettra de calculer le F_1 de départ.

Les deux méthodes ne diffèrent que dans le fait qu'il existe toujours une solution dans la méthode inverse, alors que la méthode directe peut être sans solution.

En effet si à C_1 correspond une estimation de F_1 excessive, la population sous-jacente sera trop faible pour, tenant compte de la mortalité naturelle, rendre compte des captures observées jusqu'au dernier intervalle du vecteur de prises.

Au contraire dans la solution inverse, on admet implicitement, quelle que soit l'estimation de F final, qu'il existe encore un certain nombre d'individus présents dans la cohorte. De ce fait il existera toujours une solution à la méthode inverse.

Tous les calculs d'analyse des cohortes ont été effectués avec le programme écrit par FOX W. JR, dans une version modifiée par nous. Le programme de FOX effectue l'analyse de cohorte selon deux options, à partir d'un F final ou d'un F initial. Une troisième option a été incorporée au programme de FOX : elle consiste à faire un calcul direct à partir de N_0 , estimation du recrutement de la cohorte au temps initial. Cette méthode de calcul a été exclusivement employée dans les présents calculs car elle s'est avérée à l'usage être beaucoup plus souple que les deux autres. En particulier elle permet beaucoup plus rapidement de comparer les paramètres relatifs à différentes cohortes, et les hypothèses relatives à l'abondance d'une cohorte donnée. Bien entendu, comme dans le calcul direct à partir de F_1 , une estimation trop faible de N_0 ne donnera pas de solution, signifiant que le recrutement est insuffisant, (ou

la mortalité totale (F + M) trop forte).

5-1-2 Historique de l'emploi de la méthode sur l'albacore atlantique.

L'emploi de l'analyse des cohortes à l'albacore de l'Atlantique est récent puisque les premiers travaux utilisant cette méthode datent de 1972 (LENARZ et Al.) et surtout de 1973 (FONTENEAU et LENARZ).

Depuis cette date, divers travaux ont utilisé cette même méthode à des degrés divers et en utilisant diverses hypothèses pour l'estimation des vecteurs de prises, pour celle de M et du taux d'exploitation. Toutes ces analyses étaient limitées à l'étude de la période récente (1967-1977) alors que les données relatives aux prises et aux structures des tailles débarquées par engin permettent dans une certaine mesure d'analyser toute l'histoire de la pêche depuis 1955. Cette analyse de l'évolution des vecteurs de prises durant la période initiale de la pêcherie sera donc menée dans la présente étude. Celle-ci sera faite à un niveau global à partir des vecteurs de prises annuels. Durant la période récente 1969 à 1978, l'analyse sera menée sur une base trimestrielle, la base annuelle étant susceptible d'introduire un biais dans l'analyse des cohortes (ULLTANG, 1977) et étant insuffisante pour les analyses de production par recrue.

5-2 DONNEES UTILISEES - HYPOTHESES.

5-2-1 Estimation des prises par engin et strates spatio-temporelles.

Il est nécessaire de disposer d'estimations fiables de la prise par secteur et trimestre, afin d'extrapoler les échantillons de fréquences de tailles aux captures totales. Les estimations doivent être faites par engin, pour tenir compte de l'hétérogénéité entre les modes de pêche.

Toutes les statistiques publiées par les offices statistiques nationaux ont donc été utilisées, tant pour les pêcheries de surface que pour les pêcheries à la palangre. Les estimations ont été faites dans les deux zones de l'Atlantique est et ouest, afin de tenir compte des incertitudes sur l'identité des stocks d'albacore exploités dans ces zones. Les estimations obtenues ainsi figurent dans le tableau 30.

5-2-2 Estimation des prises par âge (vecteurs de prises).

Chez l'albacore les vecteurs des prises seront obtenus en décomposant les prises par taille en prises par âge selon la loi de croissance retenue pour l'espèce. De ce fait, il est nécessaire de disposer, pour toutes les captures, d'échantillonnages de tailles extrapolées aux prises totales. Ces échantillons peuvent être obtenus soit à partir de mensurations réellement effectuées, soit par substitution de strate, en faisant l'hypothèse que la strate engin-trimestre secteur -i- pour laquelle on ne dispose pas d'échantillonnage, a une structure de taille identique à celle de la strate -j- qui, elle, a été échantillonnée.

Toutes les mensurations publiées sur l'albacore depuis 1955 ont ainsi été saisies sur ordinateur et utilisées comme base de ce calcul.

Les substitutions de strates ont été réalisées selon des critères subjectifs de proximité géographique ou temporelle des strates, ainsi que des hétérogénéités entre engins.

Tous les calculs ont été effectués au niveau trimestre, engin, et secteur atlantique est et ouest.

Le tableau 31 schématise les fréquences de taille disponibles selon les strates, et les substitutions de strates opérées, de 1956 à 1977.

Le problème consiste ensuite à estimer des prises par âge à partir de prises par taille.

Chez l'albacore, aucune lecture directe de l'âge n'est réalisée en routine du fait de la difficulté à lire les pièces osseuses. Les prises par âge seront donc estimées à partir de la loi de croissance moyenne de l'espèce.

On utilisera pour cela, une méthode classique chez les thonidés, en découpant les fréquences de tailles trimestrielles par des limites mobiles entre âges successifs. Les valeurs des limites retenues dans la présente étude sont celles correspondant à l'hypothèse nouvelle sur la croissance (tableau 32).

On notera que, le plus souvent, les modes sont bien situés au centre de ces intervalles trimestriels chez les albacores de moins de 1 m environ. Chez les individus de plus grande taille les modes n'apparaissent pas saisonnièrement à une position régulière et les intervalles utilisés dans le découpage des classes d'âge ne correspondent pas le plus souvent à des modes déterminés.

Les vecteurs de prises ainsi obtenus sont représentés sur le tableau 33 et la figure 66. Pour la période "historique" 1956 à 1968, les données de prise et d'âge ont été regroupées en 3 périodes de 4 ans (1956 à 1960, 1961 à 1964, 1965 à 1968) tenant compte du faible taux de l'échantillonnage de certaines flottilles et de la lente évolution de l'effort de pêche.

5-2-3 Estimations retenues pour la mortalité naturelle M.

Le taux instantané de mortalité naturelle qui s'applique aux individus d'une cohorte en fonction de l'âge est une donnée nécessaire à l'analyse des cohortes.

Les estimations retenues pour M par la plupart des auteurs sont comprises entre 0,6 et 0,8 (MURPHY et SAKAGAWA, 1976).

Ces estimations convergentes résultent en fait beaucoup plus d'un manque d'estimations objectives et d'un certain panurgisme scientifique, que de résultats réellement convergents. Il est vraisemblable toutefois que la mortalité naturelle moyenne d'un thon tropical comme l'albacore est relativement plus élevée que celle de thons d'affinités tempérées comme le thon rouge ou le germon.

La structure démographique des prises d'albacore, en particulier la proportion de jeunes et de vieux poissons, semble assurément indiquer que la mortalité naturelle moyenne ne doit pas être très élevée, par exemple qu'elle ne devrait pas être supérieure à 1,0. En effet, dans cette hypothèse d'une très forte mortalité naturelle, la population juvénile sous-jacente d'âge 0 devrait être excessivement abondante pour permettre les prises importantes réalisées jusqu'à 5, 6 ans et plus. Or l'essentiel de la population juvénile semble disponible aux engins actuels (canneurs et senneurs) dans les zones côtières. On peut considérer comme l'a fait FRANCIS (1977), que la valeur $M = 0,8$ estimée dans la zone côtière du Pacifique par HENNEMUTH (1961) et BAYLIFF (1971), surestime la mortalité naturelle biologique du fait de l'émigration vers le large des juvéniles. Une mortalité naturelle moyenne égale à 0,6 a donc été retenue comme hypothèse de base aux analyses des cohortes. Les conséquences de l'emploi d'un M moyen égal à 0,4 et 0,8 dans l'analyse des cohortes seront toutefois aussi analysées.

Le problème des variations éventuelles de M en fonction de l'âge demeure par contre entier.

Il apparaît que la niche écologique de l'albacore est très variable selon l'âge (§8). Le métabolisme et la physiologie semblent également très variables selon la taille des individus chez la plupart des thonidés. Cela apparaît dans la croissance qui semble devoir être retenue pour l'espèce.

Il résulte que la mortalité naturelle de l'albacore est probablement variable selon l'âge. On peut ainsi penser que la mortalité naturelle est proportionnellement plus forte pour les albacores juvéniles, confinés dans un biotope précis et ayant de plus nombreux prédateurs. La mortalité naturelle pourrait être modérée chez

les albacores de taille moyenne (70 à 140 cm). Elle pourrait ensuite s'accroître chez les poissons les plus âgés par suite de la sénescence.

L'hypothèse d'une mortalité naturelle ayant cette tendance doit donc être envisagée. Les rares données disponibles ne permettent toutefois pas d'exclure que la mortalité naturelle soit régulièrement croissante ou décroissante, la mortalité naturelle moyenne devant probablement rester dans la fourchette initialement estimée.

Il convient donc de tester la sensibilité des analyses de cohortes à ces incertitudes sur M , afin de déterminer les fluctuations résultantes des paramètres calculés par l'analyse des cohortes.

5-2-4 Estimation du taux d'exploitation du stock.

Pour chaque combinaison d'un vecteur de prises et d'un vecteur de mortalité naturelle, il existe une infinité de solutions à l'analyse des cohortes. Chacune de ces solutions correspond à une hypothèse sur le recrutement, ou sur le taux d'exploitation appliqué dans un intervalle. La seule limite à l'analyse est la limite inférieure du recrutement pour laquelle il existe encore une solution à l'analyse des cohortes. Cette limite correspond bien entendu à de fortes valeurs de la mortalité par pêche. Cette solution particulière de l'analyse des cohortes sera systématiquement déterminée en tant que valeur de référence et appelée F_{max} .

En ce qui concerne les faibles taux d'exploitation correspondant à des recrutements élevés, il n'existe pas de limite "arithmétique" à l'analyse des cohortes. Toutefois à chaque vecteur E ou F calculé par l'analyse des cohortes peut correspondre une analyse de production par recrue de RICKER ; celle-ci permet de calculer l'évolution prévisible de la production par recrue pour un accroissement ultérieur de la mortalité par pêche dans le cadre des hypothèses retenues. Ainsi, à chaque solution de l'analyse des cohortes, correspond une hypothèse sur l'accroissement potentiel de la production par recrue. Cela peut permettre de faire une hypothèse sur les estimations hautes du recrutement. En effet, on admet le plus souvent que la prise actuelle d'albacore dans l'Atlantique semble être proche du maximum de production du stock. Bien que l'on doive garder à l'esprit le fait que la production globale du stock et la production par recrue ne sont comparables que si le recrutement, la croissance et la mortalité naturelle sont constantes d'une année à l'autre, cet élément peut aider à choisir une hypothèse haute du recrutement. On peut, par exemple, considérer pour les cohortes récentes que la production par recrue du stock, estimée par le modèle de

RICKER, ne doit pas s'accroître de plus d'un certain pourcentage, quel que soit l'accroissement de la mortalité par pêche (selon le schéma actuel d'exploitation).

Un seuil d'accroissement de 50 % peut sembler une hypothèse "raisonnable" pour les cohortes récentes nées à partir de 1972. Cette solution de référence à l'analyse des cohortes sera appelée F min.

Afin de simplifier les calculs de F min, un programme d'ordinateur combinant en un même programme les programmes d'analyse des cohortes écrit par FOX et de production par recrue écrit par LAUREC, a été mis au point.

Ce programme permet un calcul rapide de la solution de l'analyse des cohortes qui correspond à F min.

5-3 RESULTATS.

Les calculs ont porté sur la cohorte née en 1956 (stock vierge) jusqu'à celles exploitées dans la période récente (1977). Tenant compte du fait que les vecteurs de prises sont sensiblement moins précis durant la phase initiale de la pêcherie par suite de certaines insuffisances dans les statistiques et du plus faible taux d'échantillonnage, l'analyse des cohortes a été menée durant cette période sur une base annuelle.

Durant la période récente, 1969 à 1977, toutes les cohortes entièrement exploitées ont été analysées et sur une base trimestrielle. En effet quand la prise n'est pas distribuée uniformément durant l'intervalle annuel, c'est le cas pour l'albacore pour lequel les saisons de pêche sont en général marquées, l'analyse des cohortes menée à partir d'intervalles annuels est susceptible d'introduire un biais sérieux (ULLTANG, 1977). L'analyse des cohortes récentes a d'abord été exécutée ; en effet du fait que l'effort de pêche, la prise, et donc vraisemblablement la mortalité par pêche y sont plus élevées que dans la période initiale cela réduit à posteriori les incertitudes relatives au recrutement minimum (F max). Ces résultats pourront donc être utilisés dans une certaine mesure dans l'analyse de la période initiale, en acceptant l'hypothèse d'un recrutement stable, indépendant du volume du stock.

Les analyses de cohortes ont été réalisées d'une part sur les prises de l'Atlantique est, de l'ensemble des pêcheries, surface et palangre. Cette zone fournit en effet l'essentiel des prises d'albacores de l'Atlantique. Les niveaux "vraisemblables" des taux d'exploitation ont été estimés pour ces résultats selon la méthode décrite au § 5-2-4.

Les analyses de cohortes ont également été menées sur les prises par âge de l'ensemble des pêcheries de l'Atlantique. Ces résultats seront ceux qui permettront de calculer les facteurs q employés dans le modèle de simulation (§ 9).

Enfin l'analyse de la sensibilité de l'analyse des cohortes aux erreurs sur M a été menée sur deux cohortes situées au début et à la fin de la période, celles nées en 1969 et en 1973.

5.3.1. Analyse des cohortes : période récente et recrutement constant.

Atlantique est

Chacune des cohortes, née de 1969 à 1973 et ayant été exploitée depuis l'âge de 6 mois jusqu'à l'âge de 6 ans, a été analysée selon la méthode décrite précédemment.

Les cohortes nées de 1974 à 1976 n'ont été, elles, exploitées que durant une partie de leur existence ; de ce fait, il n'existe pas de solution F max à l'analyse des cohortes, comparable au résultat obtenu sur une cohorte exploitée jusqu'à sa disparition de la pêcherie. Toutefois, il demeure intéressant de conduire les analyses de ces cohortes en introduisant des recrutements identiques à ceux calculés pour les cohortes antérieures.

Dans la période récente l'analyse des cohortes a été menée avec des recrutements à l'âge de 6 mois variant entre 15 et 60 millions, par pas de 5 millions.

La solution F max est obtenue pour la classe 1969 avec un recrutement de 20 millions, de 25 millions pour les classes 1970 à 1972 et de 30 millions pour la classe 1973. Tenant compte du fait que l'effort de pêche s'est accru largement de 1969 à 1973. On peut estimer qu'il y a eu une hausse du taux d'exploitation du stock et non pas une hausse du recrutement. L'estimation d'un recrutement à un niveau de 30 millions peut donc être retenue. Dans cette hypothèse, l'analyse de production par recrue montre que le fait de multiplier par 2,5 le vecteur de F, aurait accru la production par recrue de 37 % pour la classe 1969 et de 5 % seulement pour la classe 1973 (tableau 34). L'hypothèse F max correspondait donc bien à une hypothèse de pleine exploitation du stock durant la période récente, si la production par recrue et la production du stock sont comparables.

Les taux trimestriels de mortalité par pêche et les populations sous-jacentes théoriques aux différents âges qui correspondent à cette hypothèse $R = 30$ millions sont données dans les tableaux 35 et 36.

La solution F min, accroissement potentiel de la production par recrue récente de 50 %, est obtenue avec un recrutement de 35 millions pour la classe 1969, 40 millions pour la classe 1970, 45 millions pour les classes 1971 et 1972 et enfin 50 millions pour la classe 1973. Ces diverses estimations peuvent résulter de variations du schéma d'exploitation (F par âge) et d'un accroissement du taux global d'exploitation exercé sur les classes d'âge nées entre 1969 et 1973. On peut donc retenir qu'un recrutement moyen de 50 millions d'albacores (à l'âge de 6 mois et 1,5 kg) est une estimation maximale "raisonnable" du recrutement dans l'Atlantique est ("F min").

Les taux trimestriels de mortalité par pêche et les populations sous-jacentes théoriques correspondant à l'hypothèse F min, sont donnés dans les tableaux 37 et 38.

5-3-2 Analyse de cohorte : période récente et recrutement variable estimé d'après la p.u.e aux âges 1 et 2. Atlantique est

La méthode de calcul décrite au chapitre 6 permet de calculer les estimations de l'abondance d'une classe d'âge à partir de sa p.u.e.

L'analyse des cohortes permet aussi dans une certaine mesure de calculer des estimations du recrutement : à taux d'exploitation égal, une forte cohorte permettra bien entendu une forte prise et réciproquement. L'incertitude de l'analyse des cohortes pour estimer le recrutement résultera des variations de la mortalité par pêche provenant tant des changements d'effort de pêche que des fluctuations aléatoires interannuelles de la disponibilité des thons.

La première méthode, estimations du recrutement à partir des p.u.e. n'est pas biaisée par les variations de l'effort ; elle dépendra par contre étroitement de la notion d'effort de pêche des flottilles thonières, qui est un concept très complexe susceptible d'introduire des biais importants (§4).

Dans un premier temps les analyses de cohortes ont été conduites en introduisant les estimations du recrutement relatif des cohortes 1969 à 1977 calculées à partir des p.u.e. selon la méthode décrite au § 6. Le niveau absolu moyen du recrutement a été fixé à deux niveaux de référence standard proches respectivement de 30 et 50 millions d'individus, c'est-à-dire comparables en moyenne aux recrutements précédemment adoptés comme hypothèse de travail.

Les deux vecteurs recrutement retenus seront donc les suivants (N en millions à l'âge 6 mois).

| | C L A S S E | | | | | | | | | |
|-------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | X |
| F min | 17.7 | 63.2 | 83.8 | 49.4 | 51.5 | 67.4 | 19.3 | 47.4 | 85.6 | 53.9 |
| F max | 8.8 | 31.6 | 41.9 | 24.7 | 25.8 | 33.7 | 9.6 | 24.8 | 42.8 | 27.0 |

Le vecteur de recrutement à un niveau moyen de 27 millions d'individus correspondra à un fort taux d'exploitation ; il sera appelé F max. Celui à un niveau

moyen de 52,9 millions correspondra à une exploitation modérée et sera appelé F min. Les taux de mortalité par pêche obtenus dans ces deux hypothèses sont donnés aux tableaux 39 et 40.

5-3-3 Analyse des cohortes de la période historique, Atlantique est

Comme indiqué dans l'introduction, l'analyse a été faite sur une base annuelle, pour un coefficient de mortalité naturelle constant égal à 0,6.

Les estimations minimales et maximales du recrutement obtenues dans la période récente (30 et 50 millions) ont été retenues pour effectuer cette analyse.

Les estimations de la population sous-jacente par âge, et de la mortalité par pêche exercée sur le stock dans ces deux hypothèses sont données dans les tableaux 41 à 44.

On a noté que les vecteurs de prises manifestent durant l'évolution de la pêcherie des tendances différentes selon les âges (figure 66).

- Les prises des très jeunes individus d'âge 0 sont restées faibles à environ 250 000 individus par an jusqu'en 1968 pour atteindre en moyenne plus de 2 millions par an depuis 1972.

- Les prises d'albacores d'âge 1 se sont régulièrement accrues de 1957 (250 000) à 1972-1974 (3 millions) et se maintiennent depuis près de ce niveau.

- Les prises d'albacores de 2 à plus de 5 ans sont paradoxalement assez stables de 1957 à 1977 malgré les changements des techniques et des zones de pêche.

De ces observations faites sur les vecteurs de prises, découlent logiquement les résultats de l'analyse des cohortes :

- Le taux de mortalité par pêche sur les individus d'âge zéro s'est accru dans la période récente pour passer d'un niveau stable et faible de ,011 à ,018 jusqu'en 1968 à un niveau plus élevé de 0,09 à 0,16 depuis 1972 (selon l'hypothèse retenue pour le taux d'exploitation). On note que ces taux sont relativement faibles ; on notera sur ce point que du fait de la convergence rapide des vecteurs de F aux jeunes âges, le taux de mortalité par pêche sur l'âge zéro ne peut guère être supérieur à celui calculé dans l'hypothèse F max. (dans le cadre des hypothèses retenues).

- Le taux de mortalité calculé pour l'âge 1 est toujours supérieur à celui calculé pour l'âge zéro. Le taux de mortalité par pêche sur l'âge 1 s'est accru de 0,050/,083 (selon l'hypothèse du taux d'exploitation) durant la décennie 1960-1969, à ,111/,220 durant la période récente 1972-1977. Là aussi on note que ces estimations de F sont d'une part assez faibles, d'autre part que, du fait de la convergence des F, elles ne peuvent guère être plus élevées que celles ainsi calculées (toujours dans le cadre des hypothèses retenues).

- Les taux annuels de mortalité par pêche sur les âges 2 à 5 manifestent une certaine stabilité en fonction de l'âge ; le niveau de F est compris entre 059/,093 (F min/F max) durant la période 1969-1971. Durant la période récente 1972 à 1977, les valeurs de F calculées tendent à s'accroître avec l'âge, surtout dans l'hypothèse F max d'un taux d'exploitation élevé et atteignent 111 (F min) à 275 (F max) de 1974 à 1977.

On se rappelle que la prise sur ces âges était comparable durant les deux périodes ; l'estimation de F supérieure résulte de l'accroissement des prises des jeunes (âge 0 et 1) qui réduisent d'autant la population sous-jacente et conduisent à calculer un F supérieur pour une même prise de poissons plus âgés.

On notera que pour les vieux individus, surtout durant la période récente, les deux estimations de la mortalité par pêche, F min et F max, manifestent une divergence marquée. Ceci provient du fait que, dans l'hypothèse d'un faible recrutement (ou fort taux d'exploitation), l'effectif de la cohorte est très réduit aux vieux âges. De ce fait, les F calculés à ces âges deviennent très élevés.

On notera aussi que la procédure utilisée de regrouper dans le dernier intervalle tous les individus de plus de 5 ans tend très probablement à exagérer le F calculé pour ces périodes (§ 5.4.2.).

5.3.4. Analyse des cohortes de la période 1974-1977, Atlantique total.

Cette analyse a été réalisée dans le but d'estimer les paramètres afférents au modèle de simulation de la pêcherie. Seules les années de pêche 1974 à 1977, c'est-à-dire la période récente, ont été retenues pour cette analyse (cohortes nées de 1969 à 1977). L'hypothèse d'un recrutement constant et $M = 0,6$ a été retenue. Deux hypothèses, haute et basse, du taux d'exploitation de la pêcherie ont, comme précédemment, été définies. Les contraintes matérielles n'ayant pas permis de mener l'analyse complète, analyse de cohorte-production par recrue utilisée précédemment, le recrutement de l'Atlantique total a été estimé à partir de l'hypothèse que le taux de mortalité par pêche sur les âges 4 et 5 était le même pour l'Atlantique est et pour l'Atlantique total. Ceci a permis d'estimer un recrutement à 34,5 millions dans l'hypothèse F min et de 57,5 millions dans l'hypothèse F max. Les vecteurs de F correspondants ont donc été calculés (tableaux 53 et 54) à partir de ces recrutements pour les cohortes 1969 à 1977.

5-4 EXAMEN DE DIVERS BIAIS POTENTIELS DE L'ANALYSE DES COHORTES

5-4-1 Sensibilité de l'analyse des cohortes aux erreurs commises sur M

La même analyse visant à déterminer les solutions F_{\min} et F_{\max} de l'analyse des cohortes a été menée sur les cohortes 1969 à 1973, pour les vecteurs de M donnés dans le tableau 45. Le niveau du recrutement (tableau 46) a été choisi selon la méthode décrite au § 5-2-4.

Les estimations des populations sous-jacentes aux différents âges et des taux de mortalité par pêche correspondants sont donnés dans les tableaux 46 et 47.

On constate que les estimations absolues des populations sous-jacentes et les taux de mortalité par pêche correspondants sont largement dépendants de l'hypothèse retenue pour M.

Par exemple la solution F_{\min} sera obtenue avec un recrutement de 35 millions pour $M = 0,4$; de 50 millions pour $M = 0,6$ et de 70 millions pour $M = 0,8$. Du fait de ce recrutement plus élevé pour les fortes mortalités naturelles, on aura pour une prise donnée de jeunes individus, une baisse des estimations des taux de mortalités par pêche. Cela aura une importance certaine en terme de production par recrue quand il s'agira de déterminer les conséquences d'une limite de taille à la première capture.

Pour les 7 hypothèses de M testées, le recrutement correspondant à F_{\min} oscille entre un minimum de 35 millions obtenu pour M constant égal à 0,4, et un recrutement maximum de 80 millions obtenu pour une mortalité naturelle régulièrement décroissante de 1,2 à 0,5 (M moyen = 0,65). Les autres hypothèses relatives à M conduisent à des estimations intermédiaires du recrutement.

Ceci doit conduire à admettre que les estimations absolues du recrutement et des populations sous-jacentes doivent être considérées avec prudence ; celles-ci ne sont en effet que des estimations théoriques liées à une hypothèse sur M. Il ne semble pas par ailleurs envisageable d'obtenir des estimations directes des effectifs ni d'améliorer sensiblement les estimations de la mortalité naturelle en fonction de l'âge. On doit donc considérer ces incertitudes comme devant être durables. Le problème réel sera alors de déterminer quelles sont les conséquences de ces incertitudes en termes d'un aménagement des pêcheries d'albacore qui serait basé sur des analyses de production par recrue reposant sur les résultats de l'analyse des cohortes.

Ce problème sera discuté au paragraphe 7.

5-4-2 Biais dans les vecteurs de prise par âge

La détermination des vecteurs de prise est délicate pour l'albacore du fait de divers problèmes :

- Imprécision de certaines statistiques de pêche : les prises de certaines flottilles sont mal connues, surtout durant la période historique.

- Absence de statistiques de rejet des albacores hors taille (moins de 3,2 kg). Ceux-ci devraient en toute logique être ajoutés aux vecteurs de prise ; ils ont été négligés du fait de l'absence totale d'estimations fiables de ces rejets.

- Insuffisance des échantillonnages pour certaines flottilles importantes, d'où nécessité de substitutions de strates. La plus importante est l'hypothèse que les albacores capturés par les senneurs espagnols ont la même structure d'âge que ceux capturés par les senneurs français.

- Impossibilité d'effectuer des lectures directes de l'âge chez l'albacore, d'où la nécessité d'estimer les vecteurs de prises par âge à partir des prises par taille en fonction d'une loi de croissance "moyenne", estimée pour l'espèce.

La même loi moyenne est utilisée, durant toute l'historique de la pêche et pour tout l'Atlantique : la décomposition ne tiendra donc pas compte d'éventuels changements de la loi de croissance durant l'historique de la pêche, par exemple de ceux qui résulteraient de la baisse d'abondance du stock. Elle néglige en outre les différences de croissance des poissons vivant dans des biotopes différents. Elle exclut enfin l'hypothèse vraisemblable, d'une croissance différentielle liée au sexe.

- La loi de croissance moyenne retenue demeure hypothétique, tant pour les jeunes que pour les vieux individus (§3).

- La méthode de décomposition par limites mobiles entre âges successifs n'est pas satisfaisante, surtout pour les poissons âgés. Il s'avère impossible d'employer pour décomposer les fréquences de taille des albacores, des méthodes qui demandent une connaissance précise du nombre, de la position et de la distribution des tailles modales, comme la méthode d'HASSELBLAD (1966). La méthode des limites mobiles entre âges successifs introduit des biais potentiels importants surtout chez les vieux individus dont le taux de croissance est faible et pour lesquels, à une taille donnée, peuvent correspondre différents âges du fait de la variabilité interindividuelle de la croissance (FONTENEAU, 1974).

- Incertitude complète sur l'âge réel des individus les plus vieux : l'estimation retient l'hypothèse que les plus vieux albacores capturés sont âgés de "plus de 5 ans" ; on ignore tout de l'âge réel des plus vieux individus capturés.

Afin de tester l'importance potentielle de ce problème, les vecteurs de prises générés par simulation pendant une phase exploitée de huit ans (§ 5-4-2) ont été introduits dans l'analyse de cohorte en regroupant tous les poissons de plus de 5 ans (tableau 51)

Les vecteurs de prises ainsi constitués ont donc durant le dernier intervalle une prise "excessive" constituée de la somme des prises des poissons âgés de 5, 6, et

et 7 ans, les poissons de plus de 8 ans étant très peu nombreux dans les prises simulées.

Les estimations de F obtenues pour ces poissons d'âge "5+" sont données au tableau 50 et sont représentées figure 70, comparées aux valeurs réelles de F pour les poissons de 5 à 7 ans. On constate que ces F sont supérieurs de 15% à 95% à la valeur "réelle" de F à l'âge 5.

Cette surestimation du F calculé était bien entendu une "erreur" prévisible : elle résulte du fait que sur l'effectif de la population d'âge 5, l'analyse de cohorte prélève instantanément les individus d'âges 5, 6 et 7.

Le F_{5+} ainsi calculé ne peut donc qu'être surestimé si on le compare au F réel d'âge 5. On notera que ce biais peut conduire à ne pas pouvoir calculer de solution à une analyse de cohortes dans laquelle un recrutement exact a été introduit ; ce problème se posera surtout si le taux d'exploitation de la cohorte est élevé.

On gardera par ailleurs à l'esprit que cette différence entre les F_5 réels et les F_{5+} calculés ne constitue pas à proprement parler un biais. En effet cette surestimation de la mortalité par pêche à l'âge 5+ tend à compenser la suppression de la mortalité par pêche exercée sur les individus plus âgés.

L'ensemble de ces problèmes introduit très probablement des biais sérieux dans l'estimation des vecteurs de prises. La multiplicité des biais détectés ou soupçonnés, mais inquantifiables le plus souvent, constitue une sérieuse limitation à l'analyse des cohortes ; les conséquences de ces incertitudes sur les résultats de l'analyse des cohortes peuvent très difficilement être testées par une analyse de sensibilité, du fait de la multiplicité et des incertitudes sur des erreurs combinées.

5.4.3. Biais liés à la structure des stocks

L'hypothèse relative à l'identité des stocks est aussi importante en matière d'analyse des cohortes, comme l'a montré ULLTANG (1977). Pour l'albacore certaines analyses de cohortes ont été effectuées en supposant l'existence d'un stock unique et isolé, exploité dans l'Atlantique de l'est.

Cette hypothèse est à priori loin d'être vérifiée : il est probable en effet qu'il existe à partir d'un certain âge une émigration, au moins saisonnière, d'individus nés dans le Golfe de Guinée et une migration inverse des albacores nés dans l'Atlantique ouest qui pénètrent à un certain âge dans l'Atlantique est (§2.4).

En outre les taux de mortalités par pêche qui sont calculés concernent une population sous-jacente théorique, qui est probablement supérieure à la population réellement accessible aux engins de pêche existants. En particulier les faibles taux de mortalité par pêche calculés pour les jeunes individus doivent être interprétés avec prudence, en ce sens que la mortalité par pêche subie par la fraction disponible du stock est probablement plus élevée que l'estimation théorique calculée. L'estimation faible de F obtenue par analyse des cohortes est dans ce cas la plus significative dans la mesure où le stock total, fraction disponible + fraction non disponible, subit réellement une mortalité par pêche faible.

Le phénomène de migration est relativement simple à traiter s'il s'agit d'une émigration définitive. Il s'avère complexe, s'il s'agit soit d'une immigration, soit d'une émigration temporaire (par exemple saisonnière) pour une fraction de la population migrante.

Le cas de l'émigration est simple dans la mesure où le taux de migration vient s'ajouter à la mortalité naturelle :

$$N_{t+i} = N_i \cdot e^{-(F + M + EM)}$$

où EM est le taux instantané de migration hors de la zone considérée.

Le cas d'une immigration, temporaire ou définitive est lui plus complexe, dans la mesure où le nombre d'individus qui pénètrent dans le secteur 1 dépendra à la fois du taux d'immigration du secteur 2 vers le secteur 1 et du taux de mortalité par pêche exercé dans le secteur 2 avant la migration; ULLTANG (1977) a analysé cette source de biais dont l'importance peut être non négligeable dans le cas où les taux de migrations sont importants vis à vis des taux de mortalité naturelle, ce qui peut très bien être le cas pour la plupart des grands thonidés.

On peut toutefois considérer que ce biais n'est peut être pas excessif dans le cas de l'albacore par suite :

1- de l'absence probable de migrations transocéaniques chez les jeunes individus de moins de 2 à 3 ans,

2- du fait que les migrations des adultes s'effectuent probablement dans les sens est-ouest et ouest-est, assurant ainsi un certain rééquilibrage annuel des populations d'adultes, et ne produisant pas un biais continu et systématique dans la

distribution des individus.

Il apparait impossible matériellement de réaliser une analyse de sensibilité systématique à l'ensemble des erreurs résultant d'un comportement migratoire complexe, tel que celui supposé pour l'albacore. Afin de tester les conséquences possibles de ces migrations complexes sur l'analyse des cohortes, la technique suivante a été utilisée : le modèle de simulation de la pêcherie d'albacore présenté au § 9 a été utilisé pour générer des vecteurs de prises obtenus sur des populations simulées ayant un comportement migratoire complexe.

Cet artifice permet d'explorer les erreurs potentielles commises en acceptant l'hypothèse d'un stock unique alors qu'il existe en réalité diverses fractions de stocks en mélange permanent.

Diverses hypothèses "vraisemblables" sur l'identité des stocks d'albacore et sur les pêcheries ont été utilisées dans les simulations :

Deux secteurs géographiques ont été retenus ; dans chaque secteur existent deux strates, de surface et de profondeur, exploitées chacune par un engin différent. Une fraction de la population qui est présente dans chaque strate effectue à la fin de chaque trimestre une migration vers les strates voisines selon le mécanisme décrit au paragraphe 9-3.

Trois taux de migrations géographiques en fonction de l'âge ont été retenus comme hypothèses de travail (tableau 49), alors qu'une seule hypothèse est faite sur le taux de migrations verticales :

(1) T_1 : taux modérés de mélange Est-Ouest à partir de l'âge 3 ; les taux de migrations vers l'Est et vers l'Ouest sont égaux.

(2) T_2 : taux élevés de mélange Est-Ouest à partir de l'âge 3 ; les taux de migrations vers l'Est et vers l'Ouest sont égaux.

(3) T_3 : taux élevés de migrations Est vers Ouest, et modéré Ouest vers Est ; cette différence tend à créer une accumulation d'adultes dans la zone Ouest.

Ces trois hypothèses relatives aux taux de migrations ont été combinées avec 2 hypothèses sur le recrutement :

(1) recrutement uniquement à l'Est.

(2) recrutement à l'Est (2/3) et à l'Ouest (1/3).

La combinaison de ces deux séries d'hypothèses détermine donc 6 populations hypothétiques. Ces six populations hypothétiques seront exploitées d'une part par un engin de surface du type grand senneur dans la zone Est, et par engin de profondeur du type palangrier dans les deux secteurs Est et Ouest.

Les coefficients de capturabilité en fonction de l'âge des deux engins (tab. 48) sont fixés par hypothèse à des niveaux identiques dans les deux secteurs. La mortalité naturelle est la même dans les deux secteurs, elle est constante avec l'âge et égale à 0,6. L'effort de pêche est fixé à un niveau proche de la pleine exploitation du stock, conduisant à des taux moyens de mortalités par pêche compris entre 0,35 et 0,53 selon les hypothèses. Enfin, trois combinaisons supplémentaires ont été réalisées en associant à chacune des trois hypothèses sur les taux migratoires, un recrutement à l'Est (2/3) et à l'Ouest (1/3) et deux pêcheries de surface et de profondeur exerçant un effort de pêche égal dans chacun des deux secteurs :

Ces neuf simulations ont permis de générer des vecteurs de prises trimestrielles par engin et secteur, depuis le recrutement à 6 mois, jusqu'à la fin de la septième année.

Les prises annuelles par âge dans ces diverses hypothèses sont données à titre indicatif dans le tableau 51. On notera que les vecteurs de prises obtenus dans les hypothèses 7, 8 et 9 (efforts de pêche égaux dans les deux secteurs pour 3 taux de migrations différentes) sont identiques. Ceci n'a en fait rien de surprenant et provient de l'identité des mortalités par pêche générées dans chacun des deux secteurs (mêmes efforts de pêche, mêmes vecteurs capturabilité par âge). De ce fait la population totale est également vulnérable à l'effort de pêche, indépendamment de sa localisation. Cette identité des vecteurs de prises, indépendamment du schéma de migration est donc essentiellement la conséquence d'une simplification excessive des hypothèses de travail.

Ces vecteurs des prises ont ensuite été traités par analyse des cohortes. La valeur réelle du recrutement, notée R_{100} , (celle employée lors de la simulation) a été introduite dans les analyses de cohortes afin de comparer les valeurs "réelles" des coefficients F_i (c'est à dire celles employées dans la simulation), aux valeurs calculées par l'analyse des cohortes.

En outre, des valeurs "erronées" du recrutement ont également été introduites dans les analyses de cohortes afin de comparer l'importance relative des erreurs liées à l'existence d'une structure de stocks complexe et celles liées à une estimation erronée du recrutement (ou du taux d'exploitation) de la cohorte.

Des recrutements choisis "arbitrairement" à des niveaux supérieurs de 80 %, notés R_{180} , de 35 % (notés R_{135}) et inférieurs de 10 % (notés R_{90}) au recrutement "réel" ont aussi été introduits dans les analyses de cohorte.

Dans chaque hypothèse il est ainsi possible de connaître les valeurs réelles, par âge, des taux de mortalité par pêche infligés à la populations lors de la simulation :

1) Celles des taux de mortalité par pêche exercés sur le stock présent instantanément dans chaque strate.

2) Celles des taux de mortalité par pêche exercé dans une strate donnée par rapport à la population totale existante ; on peut ainsi comparer ces valeurs "réelles" avec les estimations obtenues par analyse des cohortes :

. celle de la mortalité par pêche totale calculée à partir d'une bonne estimation du recrutement et celles obtenues à partir d'estimations erronées du recrutement.

. une estimation de la mortalité par pêche générée par une pêcherie donnée (par exemple la pêcherie de surface) à partir de l'hypothèse, erronée, que cette pêcherie aurait seule exploité un stock isolé.

Ces résultats sont représentés figure 70(a) à (g) pour les diverses hypothèses de travail.

Globalement, les conclusions sont très voisines dans toutes les hypothèses, indépendamment des taux de migrations :

(a) On vérifie que l'estimation de la mortalité par pêche exercée sur la population totale par l'ensemble des pêcheries correspond parfaitement au taux de mortalité par pêche simulé, si une estimation exacte du recrutement est employée dans l'analyse de cohorte. Ceci n'a rien de surprenant puisque le vecteur de prises n'est pas biaisé et que la mortalité par pêche est la seule source de mortalité qui s'ajoute à la mortalité naturelle.

Il est donc naturel, mais ceci mérite qu'on y prête attention, que le vecteur de prises totales permette d'estimer parfaitement la mortalité par pêche totale sur l'ensemble de la population, quelle que soit la structure de la population et quels que soient les taux de mélanges entre sous-stocks.

Si une estimation erronée du recrutement est utilisée dans l'analyse de cohorte on note alors que les erreurs sur F par âge sont croissantes avec l'âge (tableau 52). Une légère erreur sur le recrutement provoque ainsi une forte erreur sur le F estimé pour les plus vieux individus.

(b) L'emploi de l'hypothèse (erronée) que le stock exploité par les pêcheries de surface est indépendant, conduit à partir d'une estimation correcte du recrutement à sous-estimer considérablement les taux de mortalité par pêche des vieux individus ; cette sous-estimation se produit à partir du moment où s'exerce la mortalité par pêche des palangriers qui réduit progressivement l'effectif

de la population totale. De ce fait, l'estimation de l'analyse des cohortes conduit à surestimer la population sous-jacente totale (et donc à sous-estimer F). Cette erreur s'accroît bien entendu avec l'âge et devient très importante pour les poissons d'âge 8.

Cette sous-estimation de F est encore plus forte si le recrutement est surestimé. L'erreur devient par contre faible en moyenne si le recrutement a été sous-estimé, en conduisant alors à surestimer F sur les jeunes âges.

(c) On note que la mortalité par pêche exercée localement sur la sous-population présente dans la strate exploitée, est toujours beaucoup plus forte qu'aucune des estimations obtenues par l'analyse des cohortes.

Cette forte mortalité par pêche "locale" ne concerne que la fraction du stock disponible dans la strate ; cette population locale se trouve "réalimentée" ensuite par les sous-stocks voisins pendant toute la vie de la cohorte, et ceci d'autant plus que la cohorte a été moins exploitée dans les autres strates.

5.5. CONCLUSION

L'analyse des cohortes s'avère donc être pour l'albacore une technique d'un intérêt essentiel mais d'un emploi délicat. Ses résultats devront être interprétés avec la plus grande prudence du fait :

- 1- des erreurs dans les données de base : détermination des vecteurs de prises.
- 2- des incertitudes sur les paramètres biologiques : mortalité naturelle, migration.
- 3- de l'artifice employé pour estimer le taux d'exploitation du stock.

Parmi ces erreurs potentielles il semble que celle du 3^{ème} type soit susceptible d'introduire les plus fortes différences dans les résultats et dans les conclusions. Cela est d'autant plus critique que, s'il est en général facile d'obtenir un accord sur des hypothèses de travail concernant les vecteurs de prises et de mortalité naturelle, aucun accord ne semble s'imposer sur le choix d'une technique permettant de lever l'indétermination sur l'un des F. Il demeure essentiel que dans toute analyse de cohorte la technique employée pour estimer le taux d'exploitation soit clairement explicitée, ce qui paradoxalement n'est pas toujours le cas.

Malgré ces problèmes, l'analyse des cohortes demeure la technique utilisant au mieux les estimations des vecteurs de prises par âge, information particulièrement importante à analyser chez l'albacore du fait :

1) des variations importantes des prises par âge qui ont été observées dans l'historique de la pêcherie ;

2) des fortes différences instantanées observées dans les prises réalisées sur les différentes classes d'âge.

Ces deux observations, caractéristiques de la pêcherie d'albacore atlantique, résultent largement du fait que chaque engin exploite préférentiellement une certaine gamme de tailles, et du fait que l'effort des divers engins a constamment évolué durant l'évolution historique de la pêcherie.

L'intérêt de la méthode est aussi accru du fait qu'elle est indépendante du choix d'une unité d'effort de pêche. On se rappelle que l'effort de pêche est, dans les pêcheries thonières, un paramètre très difficile à estimer sans biais. En outre, l'existence de migrations, et de la disponibilité, variable en fonction de l'âge pour chaque engin, rend difficile l'interprétation des tendances des pue en fonction de l'âge.

Il est ainsi frappant de constater les différences entre les mortalités totales apparentes élevées obtenues par PLANET et LE HIR (1971), $Z = 1,8$ (d'où d'aucuns ont pu déduire des valeurs de F élevées $\approx 1,0$), et les mortalités faibles estimées par analyse des cohortes : $Z < 1,0$.

Il est vraisemblable que l'analyse des cohortes fournit dans ce cas les résultats les plus proches de la réalité. En effet, étant donnée la capture actuelle d'albacores de 1 et 2 ans, une mortalité par pêche élevée correspondrait à une population sous-jacente très faible, ce qui ne permet pas de rendre compte des captures importantes d'albacores plus âgés qui sont observées. L'analyse de la pue par âge des canneurs de Pointe-Noire ne traduit donc pas une mortalité réelle, mais essentiellement la variation de vulnérabilité et d'accessibilité aux canneurs, des albacores qui vieillissent et migrent vers le large. Ces biais dans l'analyse des pue se retrouvent à des degrés divers pour tous les engins. Ce biais majeur qui interdit toute interprétation quantitative de la pue par taille en fonction de l'âge est accru en outre par les difficultés rencontrées dans la définition d'un effort de pêche non biaisé.

Au contraire, l'analyse des cohortes intègre bien, à priori, l'exploitation d'une cohorte durant son existence par divers engins, et ceci indépendamment de la complexité de la structure des stocks, dès lors que l'on fait l'analyse à un niveau suffisamment large de la population.

CHAPITRE 6 - LE RECRUTEMENT :

6.1. INTRODUCTION :

Pour un poisson individuel, la phase de recrutement est celle pendant laquelle cet individu devient vulnérable à l'engin de pêche en activité (RICKER 1975). Le recrutement chez l'albacore semble typiquement être de type progressif et continu, c'est-à-dire qu'au sein de chaque classe d'âge, une proportion croissante des individus devient vulnérable à chaque engin de pêche quand la classe vieillit. Le recrutement intervient chez l'albacore à un âge très différent selon les pêcheries en activité : pour les canneurs de Tema, le recrutement a lieu, au moins partiellement, à partir de 1 kg (0,5 an), alors qu'il n'a lieu qu'à partir de 3 ans pour des flottilles palangrières exploitant les adultes de profondeur.

Bien que le recrutement sensu stricto soit en général défini par rapport à un engin de pêche, on sera très souvent amené à employer le concept d'un recrutement "biologique", indépendant d'un quelconque engin de pêche, qui correspondra à l'effectif des jeunes poissons à un âge quelconque réellement générés par le stock reproducteur. Cette acceptation du recrutement sera en particulier celle retenue dans l'analyse des cohortes où l'estimation du nombre de recrues n'implique pas que celles-ci soient disponibles à un quelconque engin de pêche. Cette deuxième acceptation est en outre préférable dans la mesure où une classe d'âge peut être abondante, mais se trouver peu disponible à un quelconque engin de pêche l'année du recrutement. Dans ce cas, le recrutement dans sa définition classique (CUSHING, 1975) sera faible ; il sera fort dans son acceptation biologique et dans l'estimation obtenue par l'analyse des cohortes qui sera réalisée après plusieurs années d'exploitation.

Le processus du recrutement permet à un stock de se régénérer. On parlera de surexploitation sur le recrutement (RICKER) quand le niveau du stock est altéré par suite d'une diminution du recrutement, en opposition avec la surexploitation relative à la taille ("Size overfishing") qui consistera à mal exploiter un nombre donné de recrues.

La première surexploitation est, bien entendu, la plus dangereuse dans la mesure où elle est susceptible d'entraîner la régression, ou même la disparition, d'un stock exploité. Suivre en permanence la tendance du recrutement sera donc une nécessité pour les chercheurs responsables de la gestion d'une pêcherie et de la

conservation d'une ressource. De ce fait, le recrutement dans la pêcherie d'albacores durant la période récente a été analysé. Une méthode d'estimation, basée sur l'analyse des p.u.e. des albacores d'âges 1 et 2 dans la flottille FISM, a été mise au point dans ce but et sera développée au § 6.2. Les résultats obtenus par cette méthode seront examinés et discutés en relation avec le phénomène d'effondrement des stocks exploités (§ 6.3).

6.2. METHODE D'ESTIMATION DU RECRUTEMENT DANS LA PECHERIE MULTIENGINS D'ALBACORES DU GOLFE DE GUINEE

6.2.1. Introduction

L'utilisation des c.p.u.e. comme indice d'abondance se heurte, au premier chef, à l'hétérogénéité de la flottille de pêche, et à l'hétérogénéité dans l'espace et le temps de la distribution du stock. Le premier point correspond au problème de l'estimation des puissances de pêche. Le second est lié à l'impact des structures spatiotemporelles. Les deux questions sont indissociables : s'il est difficile de déduire des c.p.u.e. comparées de deux bateaux leur puissance de pêche relative, c'est qu'ils ont pu, en pêchant en des endroits ou des instants différents, rencontrer des conditions de pêches variables.

En ce qui concerne les structures spatio-temporelles, on peut retenir le concept de LAUREC et LE GUEN (1977) qui définissent des "macrostructures spatiotemporelles", par opposition aux structures plus fines. Ceci est évidemment question d'échelle, et le découpage comporte une part de convention. Concrètement sur le plan spatial, les structures étudiées sont au moins de l'ordre de grandeur du carré de 1°, et sur le plan temporel de l'ordre du mois. Les macrostructures peuvent se traiter, soit par des modèles continus, soit par des modèles discrets. Un modèle continu pourra par exemple, se ramener à une régression polynomiale de la densité du stock, selon la latitude, la longitude et la date (STARK, 1971). On peut encore utiliser un modèle discret où sont définies des strates spatio-temporelles considérées comme homogènes. Nous nous situerons dans cette optique. Plus précisément encore, nous considérerons un découpage spatial, les caractéristiques de chaque zone pouvant varier (de façon

discrète) à l'intérieur de l'année, mais de façon reproductible d'une année sur l'autre. Cette hypothèse essentielle de reproductibilité des structures, n'a guère de vraisemblance que pour les macrostructures. Il ne semble même pas très raisonnable de descendre jusqu'au degré dans la résolution des structures spatiales.

6.2.2. Deux études de référence :

La méthode qui va être présentée peut être considérée comme le prolongement de deux problèmes classiques. Elle combine, en fait, les difficultés traitées par ces deux études qu'il nous a paru utile de présenter et commenter, pour préparer la discussion du problème plus complexe.

6.2.2.1. Modèle de ROBSON, 1966 :

La première étude s'attache à une estimation des puissances de pêche pour différents engins, en utilisant un découpage en strates spatio-temporelles, mais sans faire appel à l'hypothèse de reproductibilité saisonnière des structures spatiales. C'est la classique étude de ROBSON (1966) sur l'estimation des puissances de pêche. Le second article évoqué traite, au contraire, des phénomènes saisonniers, puisqu'il tente une "désaisonnalisation" (LAUREC et LE GALL, 1975) ; dans cet article, l'existence de plusieurs types d'engins n'est pas prise en compte.

Estimation des puissances de pêche selon ROBSON (1966) :

- Le modèle de base

La méthode est désormais classique, d'autant qu'elle a fait l'objet d'un programme FORTRAN, écrit par BERUDE et publié par ABRAMSON (1971).

Soient donc NG engins $j = 1, \dots, NG$. La puissance de pêche de l'engin j sera notée P_j .

Ces NG engins ont opérés dans NS strates spatiotemporelles différentes. Ces strates sont indiquées par k . On connaît les c.p.u.e. des différents engins dans les différentes strates. Ainsi, $C_{j,k}$ désigne les c.p.u.e. de l'engin j dans la strate k . Dans l'idéal,

$$(1) C_{j,k} = P_j Q_k$$

Q_k caractérise l'abondance et la capturabilité du stock dans la strate k . C'est un facteur caractéristique de la strate, proportionnel à sa richesse et à la capturabilité "locale" du stock. La notation Q_k rappelle que la capturabilité entre en jeu ; on prendra garde, toutefois, que c'est un facteur qui peut être plus complexe qu'une capturabilité locale et instantanée.

La relation (1) se linéarise en passant aux logarithmes :

$$(2) \text{Log } (C_{j,k}) = \text{Log } (P_j) + \text{Log } (Q_k)$$

En pratique, elle ne pourra être satisfaite que de façon approchée. On doit ajouter un terme résiduel, noté $\varepsilon_{j,k}$

$$(3) \text{Log } (C_{j,k}) = \text{Log } (P_j) + \text{Log } (Q_k) + \varepsilon_{j,k}$$

A propos des P_j , nous avons parlé de puissances de pêche relatives : elles ne peuvent être définies que par référence à un niveau à fixer. On peut ainsi choisir un navire comme référence. On peut encore décider que c'est un ensemble de bateaux, qui, par leur moyenne définiront la puissance standard, égale à 1. Comme les calculs se font essentiellement sur les logarithmes, on choisira une moyenne géométrique. Le plus simple consiste alors à donner une valeur 1 à la moyenne géométrique de toutes les puissances. En passant aux logarithmes, ceci impose que :

$$(4) \sum_j \text{Log } (P_j) = 0$$

Les $\text{Log } (P_j)$, qui, au départ, ne sont définis qu'à une constante près, sont parfaitement déterminés ; en terme mathématique, l'indétermination a été levée par une contrainte : l'équation (4).

Le modèle qui vient d'être présenté n'apporte aucune précision sur les résidus. On peut les assimiler à des termes aléatoires, s'engageant ainsi vers la définition d'un modèle stochastique. Pour que cette définition soit achevée, il faudra émettre un certain nombre d'hypothèses sur les $\varepsilon_{j,k}$. On reviendra sur cet aspect. Dans l'immédiat, ils constituent de simples résidus, dont la nature est quelque peu indifférente.

- Ajustement par les moindres carrés

Dans la pratique, on ne connaît ni les P_j , ni les Q_k , facteurs spécifiques des différentes strates. On dispose, en revanche, d'un ensemble de $C_{j,k}$. On doit en déduire une estimation des P_j et des Q_k . Ces estimations seront désignées par des minuscules, pour les distinguer des vraies valeurs, qui sont notées par des majuscules, convention conservée par la suite pour simplifier les formules ultérieures, on notera

$$l_{pj} = \text{Log}(P_j) \text{ et } l_{qk} = \text{Log}(Q_k).$$

Pour estimer les P_j et Q_k , on recherchera les l_{pj} et l_{qk} , qui définissent un modèle s'ajustant au mieux aux données observées.

A chaque choix des l_{pj} et des l_{qk} correspond un modèle particulier, qui prédit que pour l'engin j et la strate k , les rendements devraient être $l_{pj} + l_{qk}$. En confrontant ces valeurs prédites aux valeurs observées, $\text{Log}(C_{j,k})$, on mesure l'adéquation du modèle. Globalement, on quantifiera cette adéquation par la somme des carrés des écarts entre valeurs prédites et observées :

$$\sum_{j,k} \text{Log}(C_{j,k}) - (l_{pj} + l_{qk}) \quad (2)$$

L'ajustement se fera donc selon le critère des moindres carrés. De même que les $\text{Log}(P_j)$, les l_{pj} ne sont définis qu'à une constante additive près. On lèvera l'indétermination en imposant la condition.

$$\sum_j l_{pj} = 0$$

C'est la transposition aux valeurs estimées de la condition sur les vraies valeurs (équation 4).

Opérer un ajustement par les moindres carrés, en utilisant la condition supplémentaire évoquée, est un problème mathématiquement facile à résoudre. On aboutira ainsi à des estimations l_{pj} et l_{qk} ; on peut en déduire des estimations des P_j et Q_k , en prenant l'exponentielle des l_{pj} et l_{qk} . C'est le procédé le plus simple, qui n'est pas toujours le meilleur, comme le discutera le paragraphe suivant.

INTERET ET LIMITE DU MODELE STOCHASTIQUE

Faire appel aux hypothèses qui permettent de définir un modèle stochastique précis présente des avantages évidents. On remarquera toutefois qu'il n'est nullement nécessaire de les invoquer pour pratiquer un ajustement selon les moindres carrés. Comme le soulignent BLANC et LAUREC (1976), il faut soigneusement distinguer les hypothèses nécessaires aux inférences statistiques, de la justification de l'ajustement d'un modèle.

Lorsque les hypothèses évoquées paraissent raisonnables, il est souhaitable de passer par le modèle stochastique correspondant. Toutefois, dans la pratique, elles ne sont pas nécessairement très vraisemblables. Il est évident qu'elle ne sauraient être intégralement satisfaites. Il est cependant essentiel de se demander si les inférences qu'elles permettent de faire sont ou non très illusoire. On peut également se demander si la correction des estimateurs simples e^{1Pj} , est réellement une amélioration. En d'autres termes, les questions de robustesse doivent être abordées.

L'hypothèse de normalité des résidus pourrait être discutée. Si elle n'est pas strictement respectée, ceci supprimera essentiellement la référence au maximum de vraisemblance. En revanche, les inférences, i. e. les notions de biais ou les intervalles de confiance présentent, comme on pourrait le montrer, une certaine robustesse (tant que les autres hypothèses ne sont pas mises en cause).

L'hypothèse la plus délicate est probablement celle d'indépendance des différents résidus. Nous ne la discuterons pas ici. Le deuxième paragraphe, à propos du problème plus général qui fait l'objet central de ce chapitre l'aborde de façon relativement détaillée. Elle peut être d'un impact important pour tous les problèmes d'inférence.

L'hypothèse d'une moyenne nulle pour les résidus paraît aller de soi. Il n'en va pas de même pour l'homogénéité de la variance des résidus. De multiples causes peuvent la faire varier, comme là encore ce sera discuté plus loin. Si l'on connaît la variance pour chaque terme (j,k) , on peut facilement traiter correctement le problème, en utilisant des moindres carrés pondérés. Chaque terme reçoit alors un poids, inverse de sa variance. On est ainsi ramené au maximum de vraisemblance et à un fondement correct des inférences statistiques. On voit donc, que, comme pour le principe même des moindres carrés, la pondération peut recevoir une justification empirique, ou probabiliste.

6.2.2.2. Désaisonnalisation d'un indice d'abondance (LAUREC et LE GALL, 1975).

- Fondement de la méthode

LE MODELE DE BASE

Cette fois, on ne considère pas différents engins ; le problème de l'estimation des puissances de pêche ne se pose pas. Supposons même, pour l'instant, qu'une seule zone spatiale soit considérée. Les strates temporelles correspondent simplement à des périodes dans l'année (les mois ou les trimestres).

On considère NA années ($i = 1, \dots, NA$). Les c.p.u.e. pour l'année i , dans l'intervalle k , sont $C_{i,k}$.

On s'en tiendra au modèle multiplicatif - considéré comme préférable - sans envisager l'éventualité d'un modèle additif, telle qu'elle est évoquée par LAUREC et LE GALL (1975).

Concrètement, en logarithmes, on utilisera le modèle

$$(5) \text{Log } (C_{i,k}) = \text{Log } (R_i) + \text{Log } (Q_k) + \varepsilon_{i,k}$$

R_i est un indice d'abondance annuel.

Q_k est un facteur saisonnier, que l'on peut percevoir comme une capturabilité relative.

$\varepsilon_{i,k}$ est un résidu inexpliqué

Comme dans l'estimation des puissances de pêche locales, un problème d'indétermination apparaîtra. Les Q_k ne sont que des grandeurs relatives : les $\text{Log } (Q_k)$ ne sont définis qu'à une constante additive près.

On lèvera l'indétermination en posant :

$$(6) \sum_k \text{Log } (Q_k) = 0$$

AJUSTEMENT PAR LES MOINDRES CARRÉS

On obtiendra, comme le cas précédent, des estimations lr_i et lq_k des $\text{Log}(R_i)$ et $\text{Log}(Q_k)$, en opérant un ajustement par les moindres carrés. Celui-ci peut, comme précédemment, être considéré comme empirique.

On peut aussi effectuer sur les $\varepsilon_{i,k}$ des hypothèses analogues à celles évoquées dans le paragraphe 6.2.2.1. : indépendance des $\varepsilon_{i,k}$ considérés comme tous issus d'une même loi aléatoire centrée. Ceci permettrait encore d'obtenir les éléments d'une inférence sur les estimations lr_i et lq_k des $\text{Log}(R_i)$ et $\text{Log}(Q_k)$.

Disposer d'une estimation de leur variance permettrait notamment d'aboutir à des estimations non biaisées des R_i et Q_k .

LAUREC et LE GALL (1975) ne font pas appel à de telles hypothèses et se contentent d'opérer un ajustement par les moindres carrés, sans justification probabiliste particulière. Ils aboutissent ainsi à des estimations lr_i et lq_k des $\text{Log}(r_i)$ et $\text{Log}(q_k)$, dont ils déduisent simplement les estimations e^{lr_i} et e^{lq_k} des R_i et Q_k . Si l'on veut pousser au-delà, et se soumettre à un modèle probabiliste précis, on doit réfléchir sur les hypothèses requises. L'hypothèse de normalité des $\varepsilon_{i,k}$ ne nous semble pas très "grave". En revanche, il n'est pas nécessairement raisonnable d'admettre que la variance des $\varepsilon_{i,k}$ soit la même. Cette difficulté peut être tournée, par l'utilisation de moindres carrés pondérés, si la variance des différents résidus est connue. Plus fondamentale est l'hypothèse d'indépendance des $\varepsilon_{i,k}$. Il est peu raisonnable d'admettre qu'ils constituent un bruit blanc : les résidus consécutifs sont très vraisemblablement liés. Le danger essentiel, c'est une continuité dans le temps des résidus. Il serait utile, sur chaque cas particulier, d'étudier leur structure, notamment par une étude spectrale.

- Le problème de la pondération.

LAUREC et LE GALL (1975) envisagent, en revanche, d'utiliser des moindres carrés pondérés. De façon générale, la quantité dont la minimisation conduira aux estimateurs lr_i et lq_k s'écrit alors :

$$\sum_{i,k} W_{i,k} (\text{Log}(C_{i,k}) - (lr_i + lq_k))^2$$

$W_{i,k}$ est un poids, nul si le terme $C_{i,k}$ n'est pas disponible, et qui croîtra avec la "confiance" accordée à la valeur $C_{i,k}$. On peut ainsi donner un poids proportionnel à l'effort de pêche dans l'intervalle k pour l'année i . On peut, dans un cadre probabiliste précis rechercher des poids $W_{i,k}$ qui soient inversement proportionnels à la variance des $\epsilon_{i,k}$.

Dans une certaine mesure, on se ramène à cette tentative en pondérant selon l'effort de pêche. Ceci amènerait à une réduction de la variance des estimations. On doit toutefois signaler un danger que n'évoquent pas LAUREC et LE GALL : les $W_{i,k}$ sont aléatoires (si l'effort de pêche l'est), et vraisemblablement corrélés aux $\epsilon_{i,k}$. Concrètement, si la capturabilité est "anormalement" bonne dans l'intervalle k , pour l'année i ($\epsilon_{i,k}$ étant alors positif), ceci induit normalement une concentration des navires, donc un accroissement de l'effort. On voit donc que, si l'on considère un intervalle donné k , sur l'ensemble des $C_{i,k}$, on va donner par la pondération une influence accrue aux bonnes années. La pondération peut ainsi introduire un biais, mais peut à l'inverse diminuer la variance des estimations.

- Généralisation au cas de plusieurs zones

Si LAUREC et LE GALL traitent d'une seule zone, rien n'interdit d'utiliser strictement la même méthode, quand plusieurs zones sont en jeu. On dispose alors de strates spatio-temporelles ($k = 1, \dots, NS$), avec, pour chacune, un facteur Q_k , que l'on suppose constant d'une année sur l'autre.

Mathématiquement, on est ramené au paragraphe précédent, on ajuste le modèle.

$$C_{i,k} = R_i Q_k$$

rendu additif en passant aux logarithmes $\text{Log}(C_{i,k}) = \text{Log}(R_i) + \text{Log}(Q_k)$ par les moindres carrés. On pourra encore envisager une pondération, par exemple par les efforts, qui comportera les mêmes avantages et les mêmes inconvénients. On peut, là encore, se contenter d'un ajustement empirique, ou émettre sur les résidus des hypothèses de normalité et d'indépendance. L'indépendance des résidus pourra se heurter cette fois à deux types de problèmes, liés à d'éventuelles continuités temporelles, (pour une zone au cours du temps), ou spatiales (à un instant donné). Ils pourront même se combiner en une continuité spatio-temporelle.

6.2.3. Puissances de pêches et structures spatiales annuellement reproductibles

Le modèle de base et son ajustement :

. NA années sont étudiées, R_i correspondant à l'abondance pour l'année i

. NG engins sont pris en compte, de puissance respective P_j ; $j = 1, \dots, NG$.

. NS strates spatio-temporelles sont réparties sur chaque année. Le facteur caractéristique de la k^{e} est Q_k . D'une année sur l'autre ce facteur est constant. Cette hypothèse, essentielle, a été évoquée précédemment par d'autres auteurs (JOSEPH et CALKINS, 1969 ; HONMA, 1974). Elle permet de comparer, d'une année sur l'autre, les rendements pour en déduire un indice d'abondance.

Les c.p.u.e. de l'engin j , dans la strate k pour l'année i sont $C_{i,j,k}$.

Le modèle fondamental est alors, en logarithmes :

$$(7) \text{Log} (C_{i,j,k}) = \text{Log} (R_i) + \text{Log} (P_j) + \text{Log} (Q_k) + \varepsilon_{i,j,k}$$

$\varepsilon_{i,j,k}$ désigne, comme précédemment, un résidu inexpliqué. Deux types d'indétermination apparaissent : les P_j comme les Q_k ne sont que des valeurs relatives. Deux contraintes supplémentaires sont donc nécessaires.

On imposera ainsi :

$$(8) \sum_j \text{Log} (P_j) = 0$$

$$(9) \sum_k \text{Log} (Q_k) = 0$$

AJUSTEMENT PAR LES MOINDRES CARRES

Les différents paramètres du modèle seront estimés en procédant à un ajustement selon les moindres carrés. Les estimations lr_i , lp_j et lq_k seront donc obtenues en minimisant :

$$\sum_{i,j,k} (\text{Log} (C_{i,j,k}) - (lr_i + lp_j + lq_k))^2$$

On imposera une contrainte supplémentaire, en transposant aux estimations les contraintes qui deviennent donc :

$$\sum_j l p_j = 0 \quad \text{et} \quad \sum_k l q_k = 0$$

Des $l r_i$, $l p_j$ et $l q_k$, on déduira les estimateurs simples $e^{l r_i}$, $e^{l p_j}$ et $e^{l q_k}$ des R_i , P_j et Q_k .

UTILISATION D'UNE PONDERATION

On peut, là encore, compliquer légèrement le problème en utilisant une pondération.

$W_{i,j,k}$ sera alors le poids du terme (i,j,k) . On minimisera

$$\sum_{i,j,k} W_{i,j,k} \left(\text{Log} (C_{i,j,k}) - (l r_i + l p_j + l q_k) \right)^2$$

Les contraintes précédentes seront évidemment conservées.

La pondération présente un avantage évident, c'est d'accorder plus d'importance aux termes (i,j,k) que l'on est fondé à croire plus fiables. Pour procéder à une pondération "optimale", il faut, comme le fait le paragraphe suivant, se référer à un modèle stochastique et comprendre l'origine de la variance des résidus. $W_{i,j,k}$ sera alors inversement proportionnelle à la variance de $\epsilon_{i,j,k}$. Sans aller jusque là, on saisit que ceci permettra notamment de n'accorder qu'une importance réduite aux termes qui ne correspondent qu'à un effort de pêche faible, donc à des renseignements souvent peu fiables. Le problème se pose constamment, de l'élimination éventuelle de tels termes. La pondération, telle qu'elle vient d'être présentée, offre une solution élégante et nuancée, qui dépasse la brutalité d'une élimination. En revanche, les remarques du paragraphe suivant sur les risques de biais introduits par une pondération tenant compte de l'effort restent parfaitement pertinentes (comme elles le sont lorsque l'on envisage d'éliminer directement certains termes). Un effort faible dans la strate k pour l'année i peut provenir de circonstances défavorables (au sens de résidus $\epsilon_{i,j,k}$ négatifs).

Même l'existence de lacunes peut introduire un biais. Supposons que l'on ne dispose pas de données sur les c.p.u.e. pour le terme (i,j,k) . Si réellement l'effort total fut nul, on peut espérer que les conditions sont restées inconnues, et que l'on ne court donc pas le risque évoqué. Mais ceci peut aussi être lié à ce que d'autres navires que ceux fournissant des données dans la catégorie sont allés prospecter, et qu'ils ont trouvé des circonstances défavorables.

Ces problèmes de biais sont relativement délicats. Il conviendrait probablement d'examiner plus avant leur importance, avant de s'effrayer exagérément de leur existence.

HYPOTHESES PROBABILISTES ET INFERENCE

Le modèle le plus simple, qui sera discuté dans le paragraphe suivant, admet comme précédemment que tous les résidus sont indépendants les uns des autres, et issus d'une même loi aléatoire centrée. Des variances différentes ne compliquent guère le problème, dès lors qu'elles sont connues pour chaque terme (i,j,k) .

Il est alors possible notamment d'estimer la variance des l_{r_i} , l_{p_j} et l_{q_k} . Les calculs ne sont possibles que si les $W_{i,j,k}$, quelle que soit la façon dont ils sont déterminés, et y compris s'ils sont simplement égaux à 0 ou 1, sont considérés comme donnés, et non comme aléatoires. Cette réserve est importante, essentiellement par référence aux problèmes de biais précédemment évoqués.

Notes sur les hypothèses du modèle stochastique simple :

Homogénéité de la variance et indépendance des résidus.

Là encore, l'hypothèse de normalité des résidus ne nous paraît pas essentielle. Plus importantes sont les questions relatives à la variance, et à l'indépendance mutuelle des résidus.

ORIGINE DES RESIDUS

Le modèle discret utilisé nie les variations spatiotemporelles à l'intérieur d'une strate, voire les variations de puissance de pêche individuelle dans une catégorie d'engin. On peut isoler les structures spatiotemporelles extrêmement fines; il reste que, dans le modèle, nombre de grandeurs ne sont pas "réellement" des constantes.

La puissance de pêche d'un engin peut varier selon l'abondance du poisson : on reviendra sur cet aspect.

Elle peut varier selon les strates ; certains engins s'adaptent mieux que d'autres aux conditions hydrologiques, à la distribution spatiale du poisson particulière à une strate spatio-temporelle, alors que dans une autre strate ce pourra être l'inverse.

Par ailleurs, si l'on raisonne par type d'engin, et non par navire individuel (1), à l'intérieur d'une catégorie il y aura des hétérogénéités des puissances individuelles (figure 44).

L'effort développé dans une strate par un type d'engin dépendra des navires de cette catégorie effectivement présents dans cette strate : ceux-ci ne sont pas les mêmes d'une strate à l'autre, d'une année sur l'autre. Au cours du temps, il peut d'ailleurs y avoir dérive des puissances dans une catégorie, les navires les moins puissants étant éliminés, ou les puissances individuelles étant modifiées par le vieillissement, ou au contraire par l'acquisition d'un savoir-faire ou d'améliorations technologiques.

On ne parviendra donc qu'à une estimation "moyenne" des puissances de pêche relatives.

Le facteur correctif Q_k , propre à une strate, peut varier d'une année sur l'autre, notamment parce que les phénomènes hydrologiques ne sont pas exactement reproductibles. Ces variations de Q_k peuvent d'ailleurs influencer directement sur les puissances de pêche relatives. Il varie aussi, pour une année donnée, à l'intérieur d'une strate. Là encore, on n'estimera qu'une valeur moyenne.

Ce que l'on vient de discuter, c'est pratiquement l'inadéquation fonctionnelle du modèle de base. Nous parlerons à ce propos de première source des résidus.

Le second aspect correspond au complément : il est associé aux fluctuations aléatoires extrêmement fines, pratiquement irréductibles à des phénomènes d'ensemble. Même côte à côte, au même moment, deux navires exactement similaires n'effectueront pas les mêmes captures. Ce fait a été abordé par LAUREC (1977), et quantifié. Il est lié à des incidents de pêche, et aux structures spatiales extrêmement fines et pratiquement non analysables (par exemple, à l'échelle du banc).

VARIANCE DES RESIDUS.

Les résidus du premier type présenteront une variance, dont rien n'autorise à dire qu'elle puisse être constante. Ainsi, selon les strates, les fluctuations

(1) Rien n'interdit de raisonner en terme de puissance individuelle, et non par catégorie, si l'on dispose des données nécessaires. La méthode est directement applicable.

de Q_k d'une année sur l'autre pourront être plus ou moins importantes : les phénomènes hydrologiques sont inégalement reproductibles. Les résidus liés à des variations, selon l'abondance du poisson ou selon la strate, des puissances de pêche, sont plus délicats à manier. Il est très difficile de les considérer comme relevant d'une composante aléatoire. Comme on l'a dit, c'est presque le modèle de base qui est inadapté. Il est plus légitime, en ce qui concerne la seconde source de résidus de la penser en termes aléatoires.

On remarquera que l'on peut pratiquement considérer que la variance correspondante est en première approximation inversement proportionnelle à l'effort de pêche. Ceci est strictement vrai si l'on considère par exemple que pour chaque journée, et chaque navire, on dispose d'une estimation des rendements, et que ces estimations sont indépendantes d'un jour sur l'autre. Ceci serait évidemment à repenser sur chaque cas particulier, et ne saurait constituer qu'une hypothèse simplificatrice. Néanmoins si, par ailleurs, on considère que les résidus de la seconde source sont de très loin prépondérants, ceci peut conduire à une pondération par l'effort de pêche pour chaque $C_{i,j,k}$. Si cette seconde hypothèse n'est plus justifiée, la relation entre la variance de $\varepsilon_{i,j,k}$ et l'effort correspondant devient plus complexe. En effet, la première source de résidus est, pour une part, indépendante de l'effort de pêche.

En conclusion, donc, rien ne permet de considérer la variance des résidus comme constante. Dans certains cas, il peut être envisagé de la considérer comme inversement proportionnelle à l'effort, mais de façon plus générale chaque cas mérite réflexion.

LIENS STOCHASTIQUES ENTRE LES DIFFERENTS RESIDUS

Si l'on considère la seconde source de résidus comme prépondérante, il n'est pas déraisonnable de supposer les différents résidus indépendants.

En revanche, la première source tend manifestement à introduire un lien entre les différents résidus. C'est vrai, si l'on considère une modification des puissances de pêche selon l'abondance : si une abondance anormale apparaît sur plusieurs strates, il y aura nécessairement un lien. Il en sera de même si l'on considère les problèmes d'évolution dans le temps des puissances de pêche : les résidus suivront une évolution régulière, et non pas des variations aléatoires. Enfin, une même anomalie hydrologique pourra affecter simultanément plusieurs strates voisines dans l'espace et le temps. Ceci introduira un lien entre les variations des Q_k correspondants.

- Liens avec un modèle linéaire présentant des interactions.

Si nous avons utilisé un modèle linéaire qui, dans une certaine mesure, est une généralisation de ceux utilisés par ROBSON (1966), LAUREC et LE GALL (1975), ce modèle peut aussi apparaître comme un cas particulier de celui discuté par FRANCIS (1974).

Au lieu de considérer d'emblée un découpage en strates spatio-temporelles, considérons simplement une division de l'aire de pêche en NZ zones, et un découpage de l'année en NP périodes. Si l'occupation de l'aire de pêche est constante, $NS = NZ.NP$. Chaque strate spatiotemporelle correspond alors à une des NZ zones, pour une des NP périodes. Indiquons les zones par l, les périodes par m.

De même, il n'existe plus un facteur correctif Q_k pour une strate spatio-temporelle, mais un facteur pour chaque zone et chaque période, respectivement notés Qz_1 et Qp_m ; $C_{i,j,l,m}$ désigne les rendements pour l'année i, l'engin j, la zone l et la période m. Aux différences de notations près, le modèle utilisé par FRANCIS (1974) s'écrit alors :

$$\text{Log } (C_{i,j,l,m}) = \text{Log } (R_i) + \text{Log } (P_j) + \text{Log } (Qz_1) + \text{Log } (Qp_m) + \varepsilon_{i,j,l,m}$$

En fait, FRANCIS (1974) pose le problème en termes d'analyse de variance, et dans cet esprit décompose le résidu en différents termes, isolant les interactions de premier ordre.

Ainsi

$$\varepsilon_{i,j,l,m} = \varepsilon_{i,j} + \varepsilon_{i,l} + \varepsilon_{i,m} + \varepsilon_{j,l} + \varepsilon_{j,m} + \varepsilon_{l,m} + \varepsilon_{i,j,l,m}$$

Les premiers termes sont associés aux interactions de premier ordre (par exemple $\varepsilon_{i,j}$ correspond à l'interaction entre l'année et la puissance de pêche, $\varepsilon_{l,m}$ à celle entre la zone et la période). Le dernier, $\varepsilon_{i,j,l,m}$ correspond à un résidu épuré des interactions de premier ordre.

Si l'on se réfère à ce modèle, on peut remarquer que nous avons pris en compte les interactions entre zone et période. Aux résidus près, nous ajustons, en effet, le modèle :

$$\text{Log } (C_{i,j,l,m}) = \text{Log } (R_i) + \text{Log } (P_j) + \text{Log } (Qz_1) + \text{Log } (Qp_m) + \varepsilon_{l,m}$$

en estimant $\text{Log } (Qz_1) + \text{Log } (Qp_m) + \varepsilon_{l,m}$ globalement, sans le diviser en ses trois termes.

Nous prenons en compte l'interaction entre zone et période, parce que concrètement elle nous paraît la plus intéressante pour l'exemple traité (pêcherie d'albacore de l'Atlantique). Toutefois, les autres ne sont pas nécessairement négligeables ; c'est ce que montre FRANCIS (1974) pour la pêcherie d'albacore du Pacifique. En fait, les remarques du paragraphe précédent, en ce qui concerne la première source de résidus, pourraient être analysées, au moins partiellement en terme d'interactions.

Par ailleurs, s'il n'est pas concevable de procéder à l'ajustement d'un modèle intégrant toutes les interactions, il est concevable de s'attacher à d'autres que celles retenues dans la présente étude.

(a) Intérêt et limites de la méthode.

Dès lors que l'on dispose de données provenant de différents engins, pour des zones différentes, et des périodes distinctes, la méthode suggérée permet un progrès notable par rapport aux procédés discutés dans les paragraphes 6.2.1. et 6.2.2. La méthode classique de ROBSON (1966) ne prend pas en compte une reproductibilité saisonnière des structures spatiales. Le procédé de LAUREC et LE GALL (1975), s'il peut être généralisé (ce que ne faisaient pas les auteurs) au cas où plusieurs zones sont étudiées, ne permet pas de traiter plusieurs engins. Il y a donc en ce sens progrès manifeste. Mais on a également entrevu nombre de problèmes qui n'étaient pas résolus par la méthode présentée. Au premier chef, on placera les relations exactes, pour un engin donné et une strate précise, entre c.p.u.e. et abondance. Si les c.p.u.e. ne fournissent pas un indice correct d'abondance, au niveau local, ces problèmes se retrouveront au niveau de l'indice d'abondance global fourni par la méthode. Ainsi quand les c.p.u.e. tendent, c'est hélas fréquent, à atténuer les variations d'abondance, ceci se retrouvera constamment. C'est notamment le cas, au moins pour les senneurs, dans les pêcheries tropicales de thonidés, comme l'ont montré PELLA et PSAROPULOS (1975), LAUREC et LE GUEN (1977). On remarquera que, comme le notent ces derniers, nombre de problèmes sont liés à des questions de distribution spatiale fine. On ne traitera ici, que des macrostructures spatiales.

Si les p.u.e. peuvent présenter des relations complexes avec l'abondance du stock, elles peuvent aussi être liées à l'effort, notamment par suite de phénomènes de compétition et saturation. Comme le souligne ROTSCCHILD (in GULLAND ed., 1977), les c.p.u.e. peuvent être une fonction complexe de

l'abondance et de l'effort. Comme le notent LAUREC et LE GUEN (1977), là encore, l'impact des structures spatiales fines est essentiel. Ceci est un autre thème que celui abordé dans la présente étude.

On pourrait retrouver nombre des limites de l'étude, en se reportant aux phénomènes décrits dans sa première source de résidus (outre ceux que l'on vient de discuter). Sans revenir sur cette énumération, on se souviendra qu'ils peuvent, pour une part, être pensés à l'intérieur du modèle proposé par FRANCIS (1974), qui a largement montré combien certaines des interactions négligées pouvaient être importantes.

A partir du schéma de base qu'offre la méthode discutée, le progrès serait possible, si l'on se reporte aux inconvénients signalés. Ainsi, pour limiter les problèmes relatifs aux liens entre c.p.u.e. et abondance, on pourra choisir la définition de l'effort la plus appropriée.

Si l'on considère les senneurs, on pourra, suivant en cela ALLEN (1977), LAUREC et LE GUEN (1977) utiliser un temps de recherche des bancs, et non un simple temps de mer.

En outre, à partir d'une même unité d'effort, temps passé sur les lieux de pêche par exemple, on a vu également que diverses méthodes de calcul de la c.p.u.e. permettaient d'obtenir des estimations de l'abondance variables. Il apparaît ainsi (§ 4.2.3) que la moyenne des c.p.u.e. par 1° et quinzaine permet de réduire le biais introduit par les changements de concentration de l'effort de pêche. Ces indices peuvent bien entendu être calculés à partir des données actuellement disponibles ; il seront donc employés pour estimer le recrutement et comparer les estimations de recrutement obtenues avec les deux types de c.p.u.e.

Par ailleurs, on pourra utiliser des modèles prenant en compte certaines interactions négligées. Enfin, si nous avons considéré comme aléatoires les variations de capturabilité liées à des phénomènes hydrologiques, si l'on dispose de données hydrologiques, on peut au contraire tenter de bâtir un modèle quantifiant ces phénomènes, pour en débarrasser les indices d'abondance. On remarquera que les améliorations précédemment suggérées visaient surtout à réduire un éventuel biais dans les relations entre abondance estimée et abondance réelle. Cette fois, c'est surtout la variabilité de l'estimation

que l'on tentera de réduire. Ce second aspect n'est pas très souvent évoqué, il est néanmoins très important (ALLEN, communication personnelle).

Les progrès évoqués sont possibles, à condition de disposer de données adéquates, comme le montrent les études d'ALLEN (1977). Il demeure que, de façon courante, on ne dispose que de données simples, avec une définition de l'effort que l'on sait très imparfaite. On souhaiterait néanmoins disposer d'un indice d'abondance annuel.

Dans de telles circonstances, où des études aussi fines qu'on pourrait le souhaiter sont impossibles, la méthode suggérée permet de calculer un tel indice, en réduisant, sinon en éliminant les problèmes de standardisation des puissances de pêche, et les questions liées aux macrostructures spatio temporelles.

6.2.4. Application à l'estimation du recrutement du stock d'albacores de l'Atlantique Est.

L'estimation du recrutement d'après les captures passe, on le sait, soit par la méthode indirecte qu'est l'analyse des cohortes, soit par l'utilisation directe des c.p.u.e sur les jeunes classes d'âge.

Sur le stock d'albacore, cette seconde voie a été empruntée par CAVERIVIERE et FONTENEAU (1974).

L'étude évoquée n'intégrait cependant pas les variations d'engin à engin, et de zone à zone.

Elle peut donc être améliorée à l'aide de la méthode décrite dans le paragraphe précédent.

(a) Matériel :

Les données proviennent du système d'échantillonnage de l'ORSTOM, articulé d'une part sur des carnets de pêche qui fournissent, par zone, captures pondérales et efforts de pêche (en jours de mer), d'autre part sur des échantillonnages au débarquement.

L'étude s'étend sur 9 ans, de 1969 à 1977.

. Strates étudiées :

Trois zones ont été prises en compte, correspondant à des secteurs côtiers relativement vastes. Ce sont les zones I. C. C. A. T. traditionnellement baptisées ABIDJAN, DAKAR et POINTE-NOIRE.

Une année est découpée en trimestres. La combinaison des découpages spatiaux et temporels définit donc un ensemble de 12 strates spatiotemporelles.

. Engins :

Les navires intéressés appartiennent tous à la flottille F.I.S.M. Ils ont été regroupés en quatre catégories, définies par FONTENEAU et SOISSON (1975) : canneurs glaciers, canneurs congélateurs, senneurs moyens et grands senneurs.

Quand on parlera de puissance de pêche des différents engins, ce sera en terme de puissance, vis-à-vis d'une classe d'âge.

Les quatre catégories d'engins opèrent une pêche banc par banc. Les relations entre rendement des senneurs et abondance ont fait l'objet d'études fines (PELLA, 1969 ; PSAROPULOS , 1975; LAUREC et LE GUEN, 1977). Ces études montrent clairement que, si l'effort est exprimé en jours de mer, la capturabilité apparente diminue si la taille du stock augmente. Bien que les canneurs n'aient pas fait l'objet de telles études, on peut penser qu'un phénomène analogue apparaît.

. Détermination des rendements par classe d'âge :

Comme CAVERIVIERE et FONTENEAU (1974), nous utiliserons séparément les c.p.u.e. sur deux classes d'âge différentes. La classe 1 correspond aux albacores de 12 à 24 mois. La classe 2 comprend les albacores âgés de 24 à 26 mois. L'utilisation de plusieurs classes d'âge permet d'obtenir, en vue de comparaison, deux indices d'abondance calculés indépendamment pour une même cohorte. Une cohorte sera baptisée d'après son année de naissance.

Les échantillonnages au débarquement apportent des histogrammes de longueurs. Ceci permet, en utilisant la courbe de croissance de l'albacore,

d'estimer l'effectif d'animaux des classes 1 et 2 dans les débarquements. Les captures étant reportées en poids sur les carnets de pêche, ces poids doivent être convertis en nombre. Ceci est fait en combinant les histogrammes de longueur avec la relation taille-poids, selon CAVERIVIERE (1976). On obtient alors une estimation des captures en nombre pour les classes 1 et 2, converties en c.p.u.e. par division par l'effort. Le calcul est effectué par strate ICCAT et trimestre.

La prise d'un engin dans une strate zone ICCAT - trimestre est divisée par son temps de mer brut.

(b) Quelques particularités de l'estimation du recrutement : Dans les paragraphes précédents, nous avons évoqué l'estimation de l'abondance, en supposant qu'il était question de l'abondance totale. Pour l'essentiel la transposition à l'estimation du recrutement, au travers d'une seule classe d'âge, ne pose pas de problème majeur. Néanmoins, quelques particularités doivent être signalées.

On a évoqué la possibilité d'une modification de la capturabilité selon le niveau d'abondance du stock. Ceci amène les c.p.u.e. à tamponner les variations réelles d'abondance. Désormais, les c.p.u.e. ne concernent plus qu'une seule classe d'âge, alors que c'est l'abondance totale qui est susceptible d'affecter la capturabilité.

Il n'est donc plus possible d'affirmer que l'on sous-estime les fortes classes d'âge et que l'on surestime les faibles. L'erreur ne prend plus la forme d'un biais, mais d'une variance supplémentaire. Si l'on veut avoir au moins une idée de la direction dans laquelle s'effectue l'erreur, il faudra se reporter aux rendements globaux.

Une difficulté peut encore compliquer les relations entre abondance globale et c.p.u.e. sur une jeune classe d'âge, lorsqu'existe une certaine ségrégation selon les âges. Lorsque les classes âgées sont abondantes, la flottille tendra à se concentrer sur elles, délaissant les plus jeunes. Il y aura donc tendance à la sous-estimation d'une jeune classe d'âge, lorsque les autres sont très abondantes.

La variance de l'estimation de l'abondance a été abordée, et, suivant en cela ALLEN (communication personnelle), nous avons souligné que c'était un aspect important. Ceci est spécialement vrai pour les estimations du recrutement. La variabilité du recrutement est une des caractéristiques essentielles d'un stock, la façon dont elle pourrait varier selon le niveau d'abondance devant faire l'objet d'une attention toute particulière (§.6.3.), LAUREC, FONTENEAU et CHAMPAGNAT(1981).

Enfin, il est évident que l'estimation du recrutement par l'intermédiaire des classes 1 et surtout 2, soulève une difficulté, liée aux mortalités par pêche subies antérieurement. Ce biais n'est peut être que marginal si les taux de mortalités par pêche exercés à cet âge sont faibles, comme ceux estimés par analyse des cohortes.

Si le recrutement sera évalué au travers des c.p.u.e sur deux jeunes classes d'âge, on ne cherchera pas à déterminer comment obtenir une estimation optimale. Il est d'ailleurs probable que ceci passerait par la combinaison de l'information apportée par les deux classes d'âge, non par la sélection d'une d'entre elles. Ceci supposerait une étude systématique, qui devrait probablement intégrer une comparaison avec les résultats d'analyse des cohortes.

(c) Résultats

Sur les c.p.u.e. pour les classes 1 et 2, un ajustement simple par les moindres carrés a été pratiqué, sans référence à un modèle probabiliste précis. Sans prétendre, par une analyse de variance, aller vers des inférences statistiques, nous avons calculé la variance de l'ensemble des logarithmes des différents facteurs (recrutement annuel, puissance de pêche, et facteurs correctifs par strate).

Ceci permet d'offrir une synthèse en quelques chiffres des variabilités comparées de ces divers termes. Si les variations furent calculées sur les logarithmes, en raison du modèle linéarisé sous-jacent, nous avons utilisé les $e^{l_{ri}}$, $e^{l_{pj}}$ et $e^{l_{pk}}$ dans les tableaux présentant les résultats précis : ces résultats paraissent plus directement significatifs.

Il est souhaitable dans l'avenir de procéder à des analyses complémentaires, envisageant notamment des pondérations, mais l'analyse simple suffit à illustrer les faits essentiels.

- Puissances de pêche et facteurs correctifs par strates.

Bien que ces paramètres ne fassent pas l'objet premier de l'étude, il peut être utile d'en disposer, ne serait-ce que pour bâtir une estimation rapide d'abondance à partir des c.p.u.e. d'un ou plusieurs engins, sur une ou plusieurs strates.

On peut vérifier (tableau 55), la plus grande puissance des canneurs sur la classe 1, qui ne se retrouve pas sur la classe 2. Ceci est conforme aux espérances.

Globalement, on peut quantifier la dispersion des puissances de pêche logarithmiques, par leur variance : elle est de 0,39 pour la classe 1, de 0,14 pour la classe 2.

Ces facteurs apparaissent dans les tableaux 56 et 57.

On vérifie, dans les deux cas, que les structures spatiales, décrites pour chaque trimestre par les facteurs caractéristiques des trois secteurs se déforment d'un trimestre sur l'autre. Les secteurs à plus fort et plus faible rendement ne se conservent pas. Ceci est conforme à l'expérience, et suggère qu'un modèle sans interaction entre trimestre et secteur serait de moindre intérêt, sans même envisager de test.

Par ailleurs, la variabilité des facteurs correctifs par strate, quantifiée par la variance de leur logarithmes, est plus forte pour la classe 1. Ceci correspond à une plus grande hétérogénéité spatiotemporelle pour les plus jeunes albacores. C'est un résultat, là encore, conforme à l'expérience.

Enfin, globalement, on remarquera que la variabilité des facteurs correctifs est nettement plus forte que pour les puissances de pêche.

- Indices annuels d'abondance.

Selon que l'on considère les classes 1 ou 2, on dispose d'indices d'abondance du recrutement pour les années de naissance 1968 à 1976 et 1967 à 1975.

Pour recalculer ces deux indices, nous avons arbitrairement ramené le niveau moyen (arithmétique) des seconds au niveau moyen des premiers, sur la période commune 1968-1975.

Les résultats apparaissent dans le tableau 58, où, de plus, la troisième ligne correspond à un indice, défini d'après les deux indices précédents. Ils sont repris sur la figure 71.

On remarquera la très forte redondance, on ne peut plus rassurante, entre les indices fournis par les classes 1 et 2. La redondance est beaucoup plus forte pour une même cohorte, à deux âges différents, que pour une même année, et deux cohortes différentes. Si l'inverse s'était produit, c'est que les phénomènes spécifiques d'une année (anomalie hydrologique ou autre) seraient prépondérants par rapport aux variations du recrutement. Ceci ajouterait sérieusement à la difficulté d'estimer celui-ci.

Sur les logarithmes, ceux fournis par la classe 1 montrent une plus forte variance. Comme on l'a remarqué, ces variances sont contaminées par les variances d'estimation. Il est concevable que celles-ci soient plus fortes pour la classe 1, dont la disponibilité et la capturabilité pourraient être plus fluctuantes d'une année sur l'autre.

Une analyse plus fine pourrait contribuer à résoudre le problème du choix du meilleur indice. Comme on l'a dit, ceci passerait probablement par l'utilisation des deux classes d'âges, sous une forme plus évoluée que la simple moyenne apparaissant dans le tableau 58.

La même méthode a été employée en utilisant des p.u.e. calculées par le nombre d'individus divisé par l'effort théorique exercé par strate secteur-trimestre ; cet effort est calculé par la moyenne des p.u.e. par 1^o quinzaine selon la méthode décrite au § 4, en éliminant les carrés de 1^o quinzaine dans lesquels un effort inférieur à 12 heures a été exercé.

Les estimations du recrutement ainsi obtenues sont données dans le tableau 58. Celles-ci ont été recalées à la même moyenne arithmétique que l'indice précédemment calculé afin d'éliminer l'hétérogénéité entre les indices d'efforts employés.

On constate qu'il y a une bonne concordance entre les indices de recrutements calculés à partir des deux p.u.e.

Tableau 58 (a) : Estimation de l'abondance des classes 67 à 76 sur âges 1 et 2 à partir de la p.u.e. = Prise/temps de mer total par strate.

| Cohorte | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 |
|----------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| Classe 2 | 41.8 | 14.8 | 46.2 | 47.5 | 30.9 | 43.9 | 41.2 | 16.2 | 37.1 | |
| Classe 1 | - | 9.9 | 41.7 | 69.2 | 37.7 | 27.7 | 52.6 | 10.7 | 29.0 | 59.5 |
| Moyenne | (41.8) | 12.3 | 43.9 | 58.3 | 34.3 | 35.8 | 46.9 | 13.4 | 33.0 | (59.5) |

Tableau 58 (b) : Estimation des classes 1967 à 1976 sur les âges 1 et 2 à partir des p.u.e. calculées en divisant la prise par un effort théorique calculé à partir d'une moyenne de p.u.e. par l°-quinzaine.

| Cohorte | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 |
|----------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| Classe 2 | 42.2 | 15.4 | 59.2 | 47.4 | 27.1 | 32.6 | 50.0 | 17.0 | 29.5 | |
| Classe 1 | | 6.5 | 45.1 | 83.8 | 39.3 | 27.5 | 31.3 | 14.5 | 30.7 | 53.3 |
| Moyenne | (42.2) | 10.9 | 52.1 | 65.6 | 33.2 | 30.0 | 40.6 | 15.7 | 30.1 | (53.3) |

6.2.4. Conclusion sur la méthode proposée :

Le problème abordé est relativement fréquent. Bien que, comme l'a souligné l'introduction, les principes de la méthode de résolution proposée soient relativement anciens, ils n'ont pas été suivis de façon courante.

Il est certain que la méthode proposée ne résoud pas tous les problèmes de relation entre c.p.u.e. et abondance.

Il est certain également qu'il est souvent fort difficile de s'intégrer à un modèle stochastique raisonnable. Ceci n'empêche que la démarche proposée permet d'aboutir à une estimation d'abondance qui sans être optimale, est certainement meilleure que celle issue d'une manipulation de données sans justification précise. Les discussions sur l'irréalisme de certaines hypothèses probabilistes ne sauraient masquer que l'on peut toujours procéder à un ajustement empirique selon les moindres carrés.

La masse des problèmes que ne résoud pas la méthode ne doit pas dissimuler qu'elle apporte une amélioration notable.

Lorsque les données nécessaires existeront, on pourra tenter de faire mieux, mais dans la situation présente, pour nombre de pêcheries, on ne pourra guère pousser au-delà de l'application de la méthode proposée. Ce sera déjà un progrès intéressant.

6.3. DISCUSSION SUR LA VARIABILITE DU RECRUTEMENT CHEZ L'ALBACORE

Le recrutement du stock d'albacore de l'Atlantique semble donc manifester une variabilité modérée. Ainsi, durant la période de 8 ans analysée, la meilleure classe d'âge (1970) est estimée à un niveau 4,7 fois supérieur à celui de la plus mauvaise classe (1968). On a vu au paragraphe précédent que cette fluctuation ne représente probablement pas les véritables variations du recrutement par suite des biais probables entre la c.p.u.e. par classe d'âge et l'abondance de la classe. Toutefois, l'amplitude de cette variabilité estimée reste probablement un ordre de grandeur acceptable de la variabilité du recrutement.

Cette variabilité du recrutement est bien inférieure à celle observée pour les petits pélagiques côtiers (sardine, anchois), espèces bien connues pour l'extrême variabilité de leur recrutement (CUSHING et HARRIS, 1973; CSIRKE, 1980; NELSON et alii, 1977).

Elle est comparable à celle observée pour l'albacore dans le Pacifique (FRANCIS, 1974), bien qu'aucune analyse complète de la variabilité du recrutement n'ait été publiée pour ce stock.

Le déterminisme de la variabilité du recrutement de l'albacore atlantique demeure inconnu et n'a d'ailleurs pas fait l'objet de recherche.

Les travaux de CAVERIVIERE et SUISSE DE SAINTE CLAIRE (sous presse) ont confirmé que les larves d'albacore sont spécialement abondantes dans les eaux chaudes et légèrement dessalées du Golfe de Guinée. Il est donc probable que l'abondance (ou la rareté) de ces eaux conditionnera "dans une certaine mesure", le succès relatif du recrutement en albacores.

On note sur ce point que l'année 1968, plus faible recrutement de la période, a été dans le Golfe de Guinée hydrologiquement très "anormale", se caractérisant par l'absence quasi complète d'upwelling (BAKUM, 1978).

Exception faite d'une hypothèse très générale du type "à une anomalie hydrologique majeure devra correspondre une variation du recrutement", les mécanismes qui déterminent ces variations chez l'albacore demeurent inconnus. On peut seulement énumérer pour mémoire les paramètres qui interviennent classiquement pour déterminer le volume du recrutement :

1) importance du stock reproducteur : la mortalité par pêche tend à réduire la biomasse du stock reproducteur.

2) degré de maturation des reproducteurs. Le nombre d'oeufs pondus par une femelle d'une taille donnée peut varier d'une année à l'autre. On a constaté par exemple la faible maturation des albacores capturés par les palangriers japonais en 1968 (§ 2.3.2.).

3) qualité des produits génitaux émis : un même nombre d'oeufs émis pourra générer un nombre variable de larves en fonction de la qualité des produits génitaux, elle même en relation avec l'état physiologique des parents.

4) survie des larves et des juvéniles

Celle-ci dépendra principalement :

a) d'une part des conditions favorables ou défavorables rencontrées par les larves, par exemple pour leur nourriture. Aucune analyse fine sur la nourriture des larves de thons n'a pu être menée. On a montré sur l'anchois (LASKER, 1978) que les larves devaient à chaque stade de leur développement trouver dans le milieu une nourriture précise. La force et la direction des vents peuvent aussi déplacer les larves dans ou hors des zones favorables à leur développement. (NELSON et alii, 1977).

b) d'autre part de l'importance des prédateurs présents dans le biotope. Il est probable chez les thonidés que les adultes se nourrissent largement des stades juvéniles. L'importance de cette prédation dépendra donc entre autres, de la densité d'adultes dans la zone de ponte (albacores et autres espèces).

Les paramètres 2 à 4 dépendent tous bien entendu des conditions du milieu.

L'analyse des corrélations entre anomalies du milieu et anomalies du recrutement, par exemple d'une relation significative sur une série chronologique suffisamment longue (du type de celle réalisée par le listao du Pacifique, IATTC, 1979), n'aura en aucun cas une valeur explicative. De même il semble utopique de tenter la prévision d'une anomalie de recrutement à partir d'une anomalie du milieu tant que les mécanismes déterminant l'importance du recrutement n'auront pas réellement été analysés. L'approche globale d'une prévision du recrutement basée sur des corrélations significatives observées dans le passé entre un ou des paramètres du milieu reste possible ; elle demeure d'un intérêt limité et peut conduire à des erreurs sérieuses dès qu'il s'agit de réaliser des prévisions.

Cette tentative de prévision du recrutement a donc été abandonnée de la technique permettant son estimation précoce. La méthode proposée pour estimer l'abondance de l'albacore à partir des p.u.e. d'âge 1 et 2 (paragraphe 6.2.3.) permet, semble-t-il, d'estimer l'abondance relative d'une cohorte dès la fin de la deuxième année des individus (24 mois), cette estimation préliminaire étant améliorée à l'âge 2 (de 24 à 36 mois). Ces estimations du recrutement seront ensuite utilisées en général pour analyser la tendance du recrutement et en particulier comme paramètres d'entrée du modèle de simulation de la pêcherie (chapitre 9).

On gardera à l'esprit l'importance potentielle de la variabilité du recrutement dans la stabilité des stocks exploités.

Ainsi le modèle stock-recrutement stochastique autorégénérant (relation de RICKER, 1958) proposé par LAUREC, FONTENEAU et CHAMPAGNAT, 1981 et appliqué au stock d'albacore de l'Atlantique a-t-il suggéré divers points à garder à l'esprit. Il montre principalement que la variabilité "aléatoire" du recrutement introduit un risque d'effondrement du stock exploité. Pour un effort de pêche élevé, un stock dont la biomasse fluctue en fonction de la variabilité du recrutement, peut ainsi s'effondrer si un très mauvais recrutement intervient, alors que le même bas recrutement n'aurait pas eu de conséquences dramatiques pour des efforts de pêche plus réduits et une biomasse féconde plus élevée. Le modèle suggère ainsi que les équilibres observés dans la pêcherie entre biomasse féconde, effort de pêche et recrutement ne sont donc que des pseudo-équilibres que peut rompre une mauvaise séquence de recrutements, le danger d'effondrement étant plus fort pour des efforts de pêche élevés et des biomasses fécondes réduites.

Ces considérations théoriques ont été obtenues à partir des paramètres biologiques définis (ou supposés) pour l'albacore du Golfe de Guinée.

Dans la réalité il semble que la stabilité des stocks de thonidés soit de fait importante et que ces stocks n'aient pas tendance à s'effondrer, contrairement aux stocks de petits pélagiques côtiers.

Ainsi, aucun stock de thon au monde ne s'est actuellement effondré, alors que nombreux sont les stocks appartenant à cette famille qui subissent une exploitation intensive.

Il est impossible de déterminer avec certitude les mécanismes biologiques responsables de cette stabilité. On peut toutefois penser à un certain nombre de facteurs qui chez les thonidés en général et l'albacore en particulier doivent réduire la probabilité d'un effondrement du stock :

1) gros potentiel de fécondité des individus : une femelle adulte pond chaque année de 1 à 6 millions d'oeufs (ALBARET, 1977)

2) existence dans le milieu océanique de vastes strates spatiotemporelles où la ponte et le développement des larves sont possibles : les larves d'albacore sont présentes à des degrés divers d'abondance dans tout l'Atlantique intertropical et durant toute l'année (CAVERIVIERE et alii, 1976). Il est ainsi probable qu'une "anomalie" du milieu dans la zone principale de ponte pourra avoir des effets négatifs sur le recrutement, mais d'autres pontes et le développement subséquent des larves pourront avoir lieu ailleurs, ou à une autre date, durant l'année. Ce mécanisme pourrait ainsi éviter l'existence d'un recrutement quasiment nul tel que ceux parfois observées pour d'autres espèces qui sont, elles, inféodées à une strate de reproduction très précise.

3) existence d'un stock reproducteur qui, même réduit par la pêche, demeure important. Les résultats de l'analyse des cohortes (paragraphe 7) indiquent que les taux de mortalité par pêche seraient faibles à modérés (inférieurs à M) pendant une bonne partie de la vie des individus, et que les populations sous-jacentes (théoriques) sont importantes. Ce résultat peut résulter de biais dans l'analyse des cohortes, mais il demeure probable que, globalement, la population d'albacore de l'Atlantique s'avère bien protégée par l'immensité de la zone qu'elle colonise (tant géographique que selon la profondeur).

Dans cette vaste zone, l'espèce occupe, au moins périodiquement, diverses strates où elle est peu ou pas vulnérable aux engins de pêche en activité. De ce fait, si certaines fractions de la population subissent localement des taux d'exploitation élevés, (par exemple durant l'exploitation d'une concentration de thons, paragraphe 4.2.3.5.), il est probable que le taux d'exploitation global de la population soit modéré, permettant de disposer d'un stock reproducteur qui demeure important.

Ainsi, si l'on admet

(1) que la structure démographique du stock a évolué de 1956 à 1977 comme l'indiquent les hypothèses F min. et F max. de l'analyse des cohortes (tableau 36, 38, 43, 44).

(2) que la fécondité en fonction de l'âge est demeurée constante durant la période et suit la relation déterminée par ALBARET, 1977 :

A l'âge 2, indice fécondité = 0.3
 -"- 3, indice fécondité = 1.2
 -"- 4, indice fécondité = 2.7
 -"- 5+ indice fécondité = 3.0

On peut estimer alors que la fécondité relative du stock aurait diminué d'un indice 100 à 66 dans l'hypothèse d'un stock modérément exploité (F min.) et d'un indice 100 à 52 dans l'hypothèse d'un stock proche de la pleine exploitation durant la période récente (F max.). Dans le cadre des hypothèses retenues, la fécondité du stock d'albacore n'aurait donc pas considérablement diminué et resterait à un niveau supérieur à celui estimé par d'autres analyses (FONTENEAU et LENARZ, 1973).

CHAPITRE 7 - ANALYSE DE PRODUCTION PAR RECRUE.

7-1 INTRODUCTION.

Les modèles structuraux de dynamique des populations halieutiques reposent sur l'analyse quantitative du devenir d'une cohorte donnée et des captures pondérales réalisables par les pêcheries sur les individus de cette cohorte.

Ainsi, une cohorte composée de N_0 individus à l'âge du recrutement pour la pêcherie voit son effectif décroître tout au long de son existence du fait de la mortalité naturelle, même en l'absence de pêche. L'activité d'une pêcherie accentue la baisse de l'effectif de la cohorte, en prélevant un certain nombre de poissons qui constituent la prise.

Durant le devenir de cette cohorte, le poids de chaque individu s'accroît selon la loi de croissance de l'espèce. La biomasse totale de la cohorte croît ou décroît selon le bilan de la croissance pondérale de chaque individu et de la décroissance de l'effectif de la cohorte.

Un stock sera le plus souvent composé de diverses cohortes. Si ce stock est en état d'équilibre (recrutement, mortalités naturelle et par pêche, croissance stables), la production annuelle du stock entier sera égale à la production obtenue sur une seule cohorte durant sa vie entière.

La production annuelle d'un stock (ou la production obtenue sur N recrues) sera ainsi directement proportionnelle au recrutement, pour un schéma donné d'exploitation, si les paramètres biologiques (croissance, mortalités...) sont identiques.

Toutefois les conséquences relatives de tout changement du schéma d'exploitation, par exemple modification de la taille à la première capture ou de la mortalité par pêche, seront les mêmes, quel que soit le niveau des recrutements. En d'autres termes les schémas d'exploitation visant à rendre maximale la production de N recrues auront les mêmes effets relatifs indépendamment du niveau du recrutement. De ce fait, l'étude des stratégies de pêche sera menée le plus souvent en termes de production par recrue.

Diverses méthodes permettent de réaliser ces calculs de production par recrue : méthode de BEVERTON et HOLT, méthode de JONES, méthode de RICKER. La méthode

de calcul la plus souple et la plus générale est la dernière et sera seule décrite et utilisée. En effet elle est particulièrement adaptée quand les paramètres de croissance et de mortalités en fonction de l'âge sont complexes. Son seul handicap "historique" est le caractère fastidieux des calculs quand ceux-ci doivent être effectués manuellement. L'emploi généralisé des ordinateurs a totalement résolu ce problème et permis à la méthode de RICKER de s'imposer dans tous les cas où son emploi se justifiait.

Dans le cas de l'albacore cette méthode s'impose de toute évidence, du fait, tant de la complexité des vecteurs mortalité par pêche, que de la croissance qui semble très mal décrite par une loi de VON BERTALANFFY.

Dans le cas de l'albacore le modèle de RICKER sera appliqué à l'ensemble des pêcheries, principalement dans le but de tester les bénéfices à attendre d'une limite de taille à la première capture et d'analyser l'évolution de la production par recrue dans la période récente.

7-2 RAPPEL DE LA METHODE DE RICKER.

La méthode se fonde sur la discrétisation des paramètres de croissance et de mortalité.

Le devenir d'une cohorte est ainsi divisé en intervalles de temps. Au sein de chaque intervalle de temps t_i , $t_i + 1$, s'appliquent simultanément :

- 1) le taux instantané de croissance pondérale G_i ,
- 2) le taux instantané de mortalité naturelle M_i ,
- 3) le taux instantané de mortalité par pêche F_i .

Soit B_i et B_{i+1} la biomasse aux temps t_i et t_{i+1} ($B_i = M_i W_i$).

L'équation de RICKER permettra de déterminer la prise au sein de chaque intervalle

$$Y_i = \frac{F_i}{G_i - F_i - M_i} \cdot (B_{i+1} - B_i)$$

La production de la cohorte sera alors la somme des prises durant tous les intervalles de temps de la phase exploitée :

$$Y = \sum_{i=1}^{i=n} Y_i$$

D'un point de vue pratique, les calculs du modèle de RICKER s'effectuent généralement en calculant tout d'abord la production par recrue correspondant aux vecteurs G , M et F de base.

Divers facteurs multiplicatifs peuvent ensuite être appliqués au vecteur F initial, afin de déterminer les conséquences sur la production par recrue de modifications homothétiques du vecteur F. Pour chaque facteur multiplicatif du vecteur F, on peut faire varier la taille à la première capture en imposant $F_1 = 0$ jusqu'à l'âge à la première capture.

Ces calculs permettent donc d'obtenir des isoplèthes de production par recrue en fonction d'une situation de référence de la pêcherie.

7-3 CALCULS ET RESULTATS.

7-3- 1 Calculs.

Les calculs de production par recrue effectués utilisent pour la plupart les estimations des vecteurs F obtenus par l'analyse des cohortes (§5). Toutefois, ont été calculés en tant que situation de référence, les productions par recrue à F constant à partir d'un âge de 0,5 an. Cette analyse de production par recrue est donc comparable à un modèle de BEVERTON et HOLT, exception faite de la loi de croissance qui n'est pas décrite par une loi de VON BERTALANFFY mais par une relation empirique plus complexe (§3).

L'hypothèse de travail d'un F constant en fonction de l'âge est bien sûr totalement irréaliste dans le cas de pêcheries de thonidés dont les prises varient beaucoup en fonction de l'âge et des engins. Ce calcul demeure intéressant pour analyser le potentiel de gains théoriques résultant d'un changement d'âge à la première capture à partir d'une hypothèse extrêmement simple sur M et F.

Les résultats les plus réalistes seront bien entendu obtenus à partir des F par âge calculés par analyse des cohortes.

Rappelons que le calcul systématique de la production par recrue correspondant à chaque vecteur F a été la méthode employée pour tenter de lever l'indétermination sur le niveau d'exploitation du stock et choisir, parmi l'infinité de solutions de l'analyse des cohortes, une fourchette de vecteurs F "vraisemblables". Tous les calculs de production par recrue ont été réalisés sur une base trimestrielle. Diverses hypothèses relatives à la mortalité naturelle ont été successivement testées ; celles-ci sont identiques à celles utilisées dans l'analyse des cohortes. Les présentes analyses de production par recrue n'ont été faites qu'à un niveau global, tous secteurs de l'Atlantique de l'est et tous engins réunis. Les calculs de production

par recrue selon un modèle de RICKER multi-engins de type proposé par LENARZ(1973) n'ont pas été effectués. Ces modèles sont de toute évidence les plus réalistes pour analyser la pêcherie d'albacores : En général les analyses de production par recrue montreront que les limites de taille à la première capture auront des effets positifs sur la pêcherie d'albacores. Toutefois une analyse par engin montrera que cette amélioration résulte d'une forte baisse de production de certains engins (canneurs) compensée par une forte hausse de la production d'autres engins (senneurs, palangriers). Les temps de réponse pour atteindre la situation d'équilibre sont variables selon les engins et en général assez longs chez les engins ayant l'espérance de gains, du fait de la relative longévité de l'albacore. Du fait de ces types de réponse complexes, le modèle de simulation multi-engins (§ 9) a été jugé plus adapté pour analyser ce problème de la compétition entre engins.

En effet, le modèle de simulation permettra d'analyser avec plus de réalisme les déséquilibres des pêcheries multi-engins en fonction de diverses stratégies de pêche. De ce fait le présent chapitre se limitera à une approche globale de la production par recrue, avec pour objectif essentiel d'estimer les tendances les plus probables de la production par recrue durant la période récente et les bénéfices potentiels globaux à espérer de l'instauration de tailles à la première capture.

Ont ainsi été effectués les calculs de production par recrue, d'une part pour F constant, d'autre part pour les vecteurs F obtenus par analyse des cohortes dans l'hypothèse recrutement constant (§ 5.3.1.) et pour (§5.3.2.) ceux obtenus par la même technique dans l'hypothèse recrutement variable.

7.3. 2. Production par recrue à F constant

Les calculs ont été effectués pour des estimations de M respectivement égales à 0,4; 0,6 et 0,8.

Les résultats de ces calculs sont représentés sous la forme d'isoplèthes de production par recrue (fig. 72).

On constate que pour $t_c = 0,5$ an le maximum de production par recrue est obtenu pour des valeurs de F sensiblement inférieures à la mortalité naturelle

Pour $M = 0,8$ $F_{max} = 0,30$.

Pour $M = 0,6$ $F_{max} = 0,40$.

Pour $M = 0,4$ $F_{max} = 0,35$.

Le maximum de production par recrue se situe à des âges à la première capture relativement élevés dès que la mortalité par pêche devient significative :

| | $F = M/2$ | $F = M$ | $F = 1,5 M$ |
|-----------|-----------|---------|-------------|
| $M = 0,8$ | 2,00 ans | 2,50 | 2,50 |
| $M = 0,6$ | 2,25 ans | 2,50 | 2,50 |
| $M = 0,4$ | 2,25 ans | 2,50 | 2,75 |

L'écart entre la production par recrue obtenue avec un âge limite à la première capture de 0,5 an et celle de ce maximum est en général important.

Les gains de production par recrue exprimés sous forme de pourcentage par rapport à l'âge limite à la première capture 0,5 an sont ainsi les suivants :

| | Niveau de F relatif à M | | |
|-----------|-------------------------|---------|-------------|
| | $F = M/2$ | $F = M$ | $F = 1,5 M$ |
| $M = 0,8$ | 30% | 82% | 137% |
| $M = 0,6$ | 31% | 86% | 155% |
| $M = 0,4$ | 23% | 67% | 123% |

Les gains de production par recrue potentiels entre l'âge à la première capture 0,5 et celle correspondant à la production maximale sont donc en général considérables dès que le stock est modérément ou intensément exploité.

Ces conclusions n'ont bien entendu qu'une valeur d'indice de référence dans la mesure où l'hypothèse d'un F constant est de toute évidence totalement irréaliste dans cette pêcherie.

7.3. 3. Production par recrue à F variable dans l'hypothèse recrutement constant et $M = 0,6$.

Les vecteurs F utilisés sont ceux calculés par la méthode de calcul décrite au § 5.3.1.

Deux niveaux moyens de recrutements ont été retenus :

a) Recrutement de 30 millions d'individus à l'âge 6 mois : hypothèse F max d'un stock intensément exploité.

b) Recrutement de 50 millions d'individus à l'âge 6 mois : hypothèse F min d'un stock modérément exploité.

La figure 73 montre les isoplâthes de production par recrue cor-

respondant à ces hypothèses pour les années 1971 à 1977.

Durant cette période on constate que la production par recrue s'est accrue régulièrement. Cela résulte du fait qu'à croissance, mortalité naturelle et recrutement constants, un accroissement de la prise ne peut résulter que d'un accroissement de la production par recrue.

Les bénéfices à espérer d'une taille limite à la première capture supérieure à 0.5 an sont variables selon l'hypothèse relative au taux d'exploitation et selon l'année de pêche. Un âge à la première capture de 1,5 an, soit un poids moyen de 3,2 kg, a été choisi comme valeur de référence dans les discussions.

Cette valeur est bien inférieure aux âges optimums obtenus avec des fortes mortalités par pêche. Cet âge demeure intéressant dans la mesure où il correspond à la taille limite à la première capture mise en oeuvre par l'ICCAT depuis 1973 et dans la mesure où des tailles à la première capture supérieures semblent très difficiles à appliquer. Les gains calculés par rapport à cet âge limite sont donnés dans le tableau 59.

Pour les années 1971 et 1972 caractérisées par des faibles taux d'exploitation sur les très jeunes et sur les plus vieux individus, les bénéfices à espérer d'âge limite de 1,5 ans, sont soit nuls dans l'hypothèse F min, soit faibles dans l'hypothèse F max (3 à 6 %).

Tableau 59 : Variation de production par recrue (en %) résultant d'un âge limite à la première capture de 1,5 ans - Recrutement constant.

| | ANNEE DE PECHE | | | | | | |
|-----------------|----------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 |
| Hypothèse F max | + 3.3 | + 6.3 | + 8.1 | + 10.8 | + 6.7 | + 8.5 | + 9.4 |
| Hypothèse F min | - 0.9 | + 0.8 | - 0.6 | + 1.4 | + 2.0 | + 2.3 | + 3.0 |

Pour la période récente 1975 à 1977 les bénéfices potentiels sont compris entre 2 et 3 % pour l'hypothèse F min (stock modérément exploité) et entre 7 et 9 % pour l'hypothèse F max d'un stock plus intensément exploité.

Pour des taux de mortalité par pêche accrus, les bénéfices espérés sont bien entendu supérieurs. Ainsi pour un facteur multiplicatif de F égal à 1,5 on obtient en ne capturant l'albacore qu'à partir de 1,5 ans les estimations de gains données dans

le tableau 60.

Tableau 60 : Variation de production par recrue (en %) résultant d'un âge limite à la première capture de 1,5 ans - Recrutement constant avec mortalités par pêche multipliées par 1,5.

| | ANNEE DE PECHE | | | | | | |
|------------------|----------------|------|------|------|------|------|------|
| | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 |
| Hypothèse F max | 7.3 | 12.0 | 16.8 | 20.0 | 11.3 | 14.2 | 15.4 |
| Hypothèse F min. | 1.5 | 4.1 | 3.7 | 6.5 | 5.3 | 5.6 | 6.5 |

Dans l'hypothèse F min les gains sont compris entre 1 et 6% selon les années, ils sont toujours inférieurs aux gains calculés dans la solution F max avec un facteur multiplicatif égal à 1. Dans l'hypothèse F max les gains potentiels atteignent 7 à 20%.

7.3.4. Production par recrue à F variable pour divers vecteurs de mortalité naturelle.

La classe d'âge 1973 a été choisie afin de tester l'influence possible de variations de M selon l'âge ou de l'existence d'un M constant mais différent de 0,6.

- La classe 1973 a été en effet exploitée selon le schéma d'exploitation caractéristique de la période 1973-1980 caractérisé par un accroissement de la mortalité par pêche sur les jeunes et sur les vieux individus.

L'analyse de production par recrue a été menée avec les 7 vecteurs M retenus pour l'analyse des cohortes (§ 5.3.3.).

Les résultats de cette analyse sont représentés figure 74 sous forme d'isoplèthes de production par recrue.

. Les deux hypothèses d'un M décroissant avec l'âge conduisent pour cette classe 1973 à des estimations de 2,8 et 1,4% de bénéfiques résultant d'un âge limite à la première capture de 1,5 an pour l'hypothèse F min. Dans l'hypothèse F max ces gains sont de 3,8 et 10,5%.

. L'hypothèse d'un M décroissant puis croissant conduit à une même estimation des bénéfiques.

. L'hypothèse d'un M constant à un bas niveau ($M = 0,4$) conduit à estimer les bénéfiques entre 5,7 et 14,8% (pour $t_0 = 1,5$ an).

. Celle d'un M constant = 0,6 entre 3,3 et 9,0%.

. Celle d'un M élevé = 0,8 entre 1,0 et 4,9%.

On constate donc que les espérances de gains résultant d'un âge à la première capture de 1,5 an, calculées par cette méthode, sont peu liées à la mortalité naturelle de l'espèce mais dépendent plus de l'hypothèse admise pour le niveau d'exploitation du stock.

Dans tous les cas, les potentiels de gains en terme de production par recrue apparaissent faibles à modérés pour l'âge à la première capture envisagé (1,5 an).

7.3. 5. Production par recrue à F variable dans l'hypothèse recrutement variable et M = 0,6.

Les vecteurs F utilisés sont ceux calculés au § 5.3.2. par analyse de cohorte. Deux hypothèses afférentes aux vecteurs taux de mortalité par pêche ont été retenues : F min., stock modérément exploité, et F max, stock intensément exploité (tableaux 39 et 40). Les isoplèthes de production par recrue correspondantes sont représentées par année de pêche de 1972 à 1977 sur la figure 75.

On constate que les courbes de production par recrue sont assez comparables à celles obtenues dans l'hypothèse d'un recrutement constant :

- gains nuls ou faibles à espérer d'une limite de taille dans l'hypothèse d'un faible taux d'exploitation, gains modérés dans l'hypothèse d'un fort taux d'exploitation (tableau 61).

Tableau 61 : Gains potentiels de production par recrue (en %) résultant d'un âge limite à la première capture de 1,5 an (**hypothèse d'un recrutement variable**).

| | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Hypothèse F min | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 2 | 3 |
| Hypothèse F max | 4 | 10 | 13 | 17 | 14 | 9 | 5 |

Les gains potentiels sont sensiblement accrus pour des mortalités par pêche plus élevées comme le montrent les résultats du tableau 62 où un facteur multiplicatif de 1,5 a été appliqué aux vecteurs mortalité par pêche.

On notera par contre que la variabilité interannuelle de la production par recrue diffère largement selon l'hypothèse afférente au recrutement, la production par recrue ayant une plus forte variabilité dans l'hypothèse d'un recrutement variable.

Tableau 62 : Gains potentiels de production par recrue (en %) résultant d'un âge limite à la première capture de 1,5 an avec vecteur $F \times 1,5$ (recrutement variable).

| | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Hypothèse F min | 1 | 4 | 4 | 7 | 9 | 4 | 5 |
| Hypothèse F max | 9 | 15 | 20 | 33 | 22 | 13 | 10 |

Cette différence dans les isoplèthes de production par recrue calculées dans l'hypothèse d'un recrutement constant (figure 73) et dans celle de recrutements variables (figure 75) estimés à partir des p.u.e. est conceptuellement logique. Elle résulte, de fait, non pas tant de la variabilité du recrutement que de sa tendance décroissante dans la période 1969 à 1975 (figure 71). Si on admet l'existence de cette tendance (Hypothèse recrutement variable), il résulte que les F calculés pour les prises observées, sont plus élevés, en particulier pour les jeunes âges. Il s'ensuit que les isoplèthes de production par recrue seront différentes du fait du taux d'exploitation plus élevé, surtout aux jeunes âges, durant la période récente.

7.4. CONCLUSION : PRODUCTION PAR RECRUE

Les analyses de production par recrue menées dans la présente étude confirment les travaux antérieurs. Le fort potentiel de croissance en poids de l'albacore, sa mortalité naturelle modérée et sa relative longévité font que, dès lors que le stock est fortement exploité, il y a un bénéfice sensible à réduire la mortalité sur les jeunes individus. L'incertitude sur le niveau réel du taux d'exploitation actuel du stock interdit malheureusement d'estimer avec précision l'importance de ces bénéfices potentiels dans la mesure où ce bénéfice dépend largement du taux réel d'exploitation. En outre, il demeure difficile d'estimer les variations ou la tendance de la production par recrue en fonction des années de pêche, dans la mesure où la variabilité du recrutement reste mal connue. Il s'avère en effet difficile de choisir entre les deux hypothèses de travail, recrutement constant et recrutement variable, hypothèses auxquelles correspondent des variations de production par recrue sensiblement différentes.

CHAPITRE 8 - L'APPROCHE MONOSPECIFIQUE DE LA DYNAMIQUE DESPOPULATIONS D'ALBACORE EST-ELLE BIOLOGIQUEMENT REALISTE ?

8-1 INTRODUCTION

L'un des problèmes fondamentaux qui se posent, dans le cadre d'une étude classique de dynamique monospécifique, est d'accepter l'hypothèse que le stock étudié n'est en interaction avec aucun autre animal dans le milieu marin. On accepte ainsi implicitement que les variations de la biomasse des proies, des compétiteurs ou des prédateurs de l'espèce étudiée ne modifient pas significativement la biomasse du stock étudié.

Cependant on admet classiquement que la biomasse des proies joue le rôle de facteur limitant pour le développement d'une population. Bien que la nourriture ne soit pas nécessairement pour l'albacore un facteur limitant (SHARP et FRANCIS 1976), cette hypothèse de la stabilité du milieu mérite d'être examinée avec soin ; en effet elle s'est révélée grossièrement erronée dans l'étude de certains stocks côtiers pour lesquels l'abondance dépendait plus de l'effort de pêche exercé sur l'espèce proie, que de celui exercé sur l'espèce étudiée (HEMPEL, 1978).

Les conséquences de ces interactions sont d'ailleurs bien souvent qualitativement prévisibles à partir de la simple connaissance de la nature des relations entre les espèces présentes. Par exemple, la réduction de la biomasse d'anchois du Pérou entraîne une réduction aisément compréhensible de la biomasse des oiseaux prédateurs de ce stock. Inversement, la réduction de la biomasse des baleines de l'antarctique, due à leur surexploitation, a pour conséquence un accroissement de la biomasse des euphausiacées, principale proie des baleines.

En ce qui concerne l'albacore de l'Atlantique, on doit donc se poser un certain nombre de questions :

a) quelle est la place de l'albacore dans l'écosystème pélagique et quelles sont les espèces prédatrices, compétitrices et proies de cette espèce ?

b) la biomasse du ou des stocks d'albacores peut-elle manifester des tendances, indépendamment de l'effort de pêche exercé sur elle, par exemple par suite de tendances de la biomasse de ses prédateurs, de ses compétiteurs ou de ses proies ? (par exemple induite par un effort de pêche croissant sur ces espèces, ou par une tendance des conditions naturelles du milieu).

Il n'est pas possible d'apporter une réponse quantitative à la première

question. Les informations disponibles permettent toutefois de se faire une idée assez précise de la position trophique de l'albacore.

La réponse à cette question semble en fait double, selon l'âge de l'albacore :

a) les jeunes individus sont en effet côtiers et ne semblent pas avoir la même position trophique que les adultes. La position trophique des jeunes albacores peut ainsi se caractériser de la manière suivante :

- . Prédateurs : adultes d'albacore et de patudo, requins et mammifères marins (dauphins, cachalots), xiphidés.

- . Compétiteurs: autres thonidés tropicaux et xiphidés de toutes tailles, requins et mammifères marins.

- . Proies : poissons petits pélagiques côtiers et zooplancton de grande taille.

b) La position trophique des albacores adultes sera sensiblement différente et pourra ainsi être décrite :

- . Prédateurs : exception faite de certains mammifères de grande taille, il n'existe pas de prédateur connu susceptible de manger un albacore adulte de 50 à 100 kg.

- . Compétiteurs : ils sont voisins de ceux des jeunes albacores.

- . Proies : petits poissons pélagiques côtiers (sardinelles, anchois), et hauturiers, zooplancton, juvéniles des thonidés tropicaux (incluant le cannibalisme c'est-à-dire l'ingestion de jeunes albacores par les adultes) et des xiphidés, listaos enfin.

A tous les âges, l'albacore s'affirme comme ayant des goûts alimentaires très éclectiques, très orientés vers la faune du large (DRAGOVITCH, 1971).

Pour répondre à la deuxième question il faudra d'abord déterminer si l'un ou plusieurs des "partenaires écologiques" de l'albacore, prédateurs, compétiteurs ou proies, manifestent des tendances marquées durant la période d'étude.

On gardera aussi à l'esprit qu'il existe, outre ces problèmes biologiques, de sérieux problèmes techniques liés au fait que chaque pêcherie exploite simultanément, à des degrés divers, plusieurs espèces. Ce problème déjà évoqué au chapitre 4, effort de pêche, ne sera pas rediscuté.

8.2. EVOLUTION DES PROIES DE L'ALBACORE

L'albacore est susceptible de manger toute proie pélagique d'une longueur comprise entre 1 cm et 30 cm. Les aliments les plus fréquemment rencontrés sont des crustacés du micronecton, des poissons et des céphalopodes (ALVERSON 1963, MAGNUSON et HEITZ 1971).

- Crustacés zooplanctoniques :

Le zooplancton ne subit aucune exploitation par l'homme. La production du milieu naturel ne semble pas avoir manifesté de tendance pluriannuelle marquée susceptible de modifier sa composition ou sa biomasse. Si des tendances se manifestent au niveau local (ORSTOM 1976), celles-ci ne semblent pas s'appliquer au niveau de l'océan Atlantique intertropical.

Ces deux éléments inciteraient à considérer que la biomasse de zooplancton a pu rester stable durant la période récente, par exemple de 1950 à 1980.

Toutefois il est possible que la réduction de la biomasse des prédateurs sous l'effet de la pêche, durant les deux dernières décennies, ait eu pour conséquence un accroissement de la biomasse zooplanctonique. Il est certain que la biomasse des thonidés et des xiphidés en 1980 se trouve réduite par rapport au niveau des stocks vierges qui étaient présents dans l'Atlantique en 1955. Cette réduction des stocks de prédateurs est très probablement variable selon les espèces et les stocks, mais on peut estimer en première approximation que la biomasse actuelle des thonidés et xiphidés a été réduite environ de moitié. Les effets éventuels de cette baisse sur la biomasse du zooplancton sont probablement positifs. Cette biomasse est très importante au vu des estimations de GERLOTTO 1975, obtenues par échantillonnage dans la zone équatoriale du Golfe de Guinée.

- Thons de petite taille (moins de 30 cm) :

Les thons sont fréquemment rencontrés dans les contenus stomacaux de l'albacore. Il s'agit essentiellement d'individus de petite taille (MAGNUSON et HEITZ 1971). Ces thons peuvent être, soit des adultes de petites thonidés (listao par exemple), soit des juvéniles de grands thonidés (patudo par exemple). Cette gamme de tailles subissant chez toutes les espèces un taux d'exploitation extrêmement faible, on doit exclure toute baisse de l'abondance de ces proies qui résulterait d'un prélèvement par la pêche.

On ne peut exclure toutefois l'hypothèse d'une variation indirecte de leur abondance qui résulterait de la réduction probable du stock parental, en fonction de la loi stock-recrutement. Cette relation n'a jamais pu être mise en évidence chez aucun thonidé tropical. Quelle que soit l'ampleur de cette éventuelle variation, notons qu'il est probable que la contribution des petits thons dans le régime alimentaire des albacores adultes soit d'une importance assez marginale. En effet, les biomasses estimées de ces thonidés peuvent être évaluées à quelques centaines de milliers de tonnes, alors qu'on peut estimer à quelques millions de tonnes par an les besoins alimentaires de la population d'albacore atlantique. Une telle estimation peut en effet être faite d'après SHARP et FRANCIS 1976 qui estiment qu'un albacore mange quoti-

diennement de 3 à 10 % de son poids (selon sa taille) et que donc une biomasse de 100 000 tonnes d'albacores, (ordre de grandeur "acceptable" pour l'Atlantique est § 6), consommerait alors de 1.0 à 3.5 millions de tonnes de nourriture par an. On pourrait donc conclure que la contribution relative des thons de petite taille à l'alimentation des albacores adultes n'est que marginale ; subséquemment, on peut considérer que toute éventuelle variation de l'abondance de ces petits thons ne doit avoir que peu d'influence sur la nourriture totale disponible pour les albacores adultes.

- Poissons petits pélagiques :

Les petits pélagiques côtiers constituent de toute évidence une part significative de cette nourriture, par exemple lors des concentrations trophiques observées au large du Cap Lopez ou du Cap des Trois Pointes en été. Deux cas doivent être distingués pour ces espèces. Une fraction de ces espèces demeure pratiquement inexploitée : il s'agit des stocks de petits pélagiques du large (épépélagiques et bathypélagiques) et de certaines espèces côtières dont la biomasse semble importante (anchois, balistes par exemple).

Ces espèces encore inexploitées, fréquemment rencontrées dans les contenus stomacaux d'albacores, ont donc probablement conservé une biomasse relativement stable, éventuellement accrue du fait de la réduction de la biomasse de ses prédateurs et en l'absence d'exploitation.

Par contre, un certain nombre de petits pélagiques côtiers, nourriture traditionnelle de l'albacore, font depuis quelques années l'objet d'une pêche de plus en plus intensive. Ainsi les clupéidés, scombridés, et carangidés semblent exploités à un niveau proche de leur P.M.E. pour de nombreux stocks situés sur le plateau continental de la Mauritanie à l'Angola, alors qu'ils étaient très peu exploités il y a une vingtaine d'années. Leur biomasse demeure toutefois considérable : la biomasse de ces poissons est ainsi estimée à 4.9 millions de tonnes entre 11° N et 22° N, bien que la prise des trois familles précitées (scombridés, carangidés, clupéidés) se soit accrue dans la zone COPACE (Gibraltar au Congo) de 338 000 t en 1967 à 2 219 000 t en 1977. Cette prise accrue réduit d'autant (1 881 000 t) la nourriture disponible pour les prédateurs marins, y compris bien entendu l'albacore. En contrepartie il est probable que la réduction de la biomasse des thonidés et xiphidés ait eu un effet inverse sur la biomasse des poissons pélagiques côtiers.

Ainsi la pêche annuelle de 400 000 t de thons doit entraîner une baisse de la consommation totale des proies ingérées annuellement.

La résultante de ces deux composantes inverses n'est pas connue,

8-3 EVOLUTION DES COMPETITEURS DE L'ALBACORE.

La faune marine du large comprend un nombre relativement limité de prédateurs situés à un niveau trophique comparable à l'albacore. Parmi ceux-ci on pourra distinguer les groupes non exploités et ceux subissant un effort de pêche.

Les mammifères marins (dauphins, cachalots, orques) ne font l'objet d'aucune exploitation significative dans le milieu intertropical. Il semble, en particulier, que la mortalité accidentelle des dauphins due à la pêche des senneurs soit très faible comparée à celle observée dans le Pacifique ; ceci semble résulter d'une faible association entre thons et dauphins (LEVENEZ et al. 1979). On peut donc considérer que la biomasse de dauphins ne doit pas manifester de tendance nette, ses variations n'étant déterminées que par la biomasse de nourriture qui semble relativement stable (cf. § 8.2).

Les mammifères de grande taille (orques, cachalots) compétiteurs de l'albacore semblent dans une situation analogue. Il a été signalé que l'abondance des orques s'était accrue du fait des rejets d'albacores hors taille (KWEI et MENSAR 1978). Il s'agit d'une observation locale liée probablement au comportement de l'espèce, mais qui ne signifie sans doute pas que la biomasse de cette espèce se soit accrue dans la période récente. Notons que l'orque est sans doute à la fois un prédateur pour les albacores de petite taille et un compétiteur pour ceux de grande taille.

La deuxième catégorie des compétiteurs de l'albacore est celle composée des espèces faisant l'objet d'une exploitation croissante par diverses pêcheries : autres thonidés, xiphidés, requins. Il apparaît que la biomasse de ces espèces s'est notablement réduite. Alors que ces stocks étaient pour la plupart vierges il y a 35 ans, ils ont semble-t-il atteint pour la plupart un niveau d'exploitation proche du maximum d'exploitation ; de ce fait leur biomasse actuelle est probablement réduite de près de la moitié par rapport à celle du stock vierge. On peut en conclure que les compétiteurs de l'albacore dans l'écosystème pélagique ont probablement une abondance réduite.

8-4 EVOLUTION DES PREDATEURS DE L'ALBACORE.

Les prédateurs semblent surtout nombreux pour les albacores juvéniles. Ces prédateurs des juvéniles sont pour la plupart également les compétiteurs des adultes dont les tendances probables sont discutées au paragraphe précédent.

On a retenu l'hypothèse que la biomasse des mammifères est probablement restée stable (§ 8.3) alors que celle des thonidés, xiphidés et squales est sans doute en diminution sensible, par suite de leur exploitation accrue, par les palangriers en particulier.

Il en résulte que la prédation sur les albacores de petite taille se serait plutôt réduite. Notons que l'importance réelle de la prédation sur les jeunes albacores est difficile à estimer, mais n'est peut-être qu'un facteur secondaire de mortalité. En effet, on remarque que les jeunes albacores sont le plus souvent regroupés dans des bancs plurispécifiques composés d'individus de tailles très voisines et sont localisés dans des zones où les prédateurs, en particulier les thons adultes, semblent rares. C'est par exemple le cas de la zone située au large du Ghana et de la Côte d'Ivoire, zone de pêche principale des canneurs de Tema. Cette ségrégation géographique assez nette des tailles capturées, qui apparaît sur les cartes de distribution des prises par taille, permet probablement une réduction de la mortalité naturelle des jeunes individus.

Si cette prédation est effectivement faible, son évolution éventuelle n'aurait alors que peu d'influence sur la dynamique du stock d'albacores.

8-5 CONCLUSION.

L'analyse des composantes de l'écosystème pélagique ne révèle donc pas de tendance majeure dans l'abondance des prédateurs, des compétiteurs ou des proies durant le dernier quart de siècle. Le volume très réduit des données et leur médiocre qualité doivent inciter à une certaine prudence dans la discussion de ce résultat. On peut toutefois considérer comme hypothèse de travail que s'il existe une tendance, celle-ci n'est probablement pas un déséquilibre majeur de l'écosystème, tel qu'on a pu en observer dans d'autres secteurs géographiques et pour d'autres pêcheries. On peut ainsi retenir, au moins provisoirement, les hypothèses suivantes :

- 1) L'abondance des proies de l'albacore a pu croître ou décroître, mais est plus probablement restée assez stable.
- 2) L'abondance des compétiteurs de l'albacore semble légèrement réduite.
- 3) Les prédateurs "potentiels" des jeunes albacores semblent en nombre réduit, mais cette diminution n'a peut-être que peu d'effets sur l'albacore du fait de l'écologie des juvéniles.

En conclusion, l'examen des informations disponibles suggérerait que dans les conditions actuelles, la dynamique de l'albacore peut sans biais majeur apparent, être envisagée selon une approche monospécifique, c'est-à-dire en négligeant les interactions trophiques qui existent avec les autres espèces de l'écosystème pélagique.

Cette hypothèse de travail peut donc être retenue, au moins provisoirement.

CHAPITRE 9 - LA MODELISATION DE LA PECHERIE D'ALBACORE ATLANTIQUE

9.1. INTRODUCTION A LA NOTION DE MODELE.

Un modèle de dynamique d'une population exploitée a en général divers objectifs, dont le plus classique et le plus important est d'être un outil de gestion rationnelle de la ressource. Cet outil doit permettre de juger de l'état des stocks et d'établir des prévisions fiables sur leur devenir, selon divers schémas d'exploitation. Deux familles de modèles sont ainsi classiquement employés :

a) les modèles globaux qui mettent en relation prises et efforts de pêche, et qui ne demandent donc que peu d'informations (SCHAEFFER 1954, PELLA et TOMLINSON 1969, FOX 1970). Ils sont les seuls utilisables pour les pêcheries où n'existent que ces données élémentaires. Leur emploi est techniquement très simple, mais l'interprétation de leurs résultats est, on le verra, délicate, en particulier pour les pêcheries thonières, du fait principalement de la difficulté de "mesurer" l'effort de pêche de ces pêcheries et de la complexité de l'identité des stocks de ces espèces. En outre, ces modèles ne tiennent pas compte d'éventuels changements de production du stock liés à des modifications des tailles capturées. Enfin, les modèles globaux semblent peu adaptés pour réaliser des prévisions pour des efforts de pêche non encore observés dans le passé et pour des pêcheries multi-engins.

En dépit de ces problèmes le modèle global demeure, spécialement pour les pêcheries thonières, une méthode utile pour analyser la tendance des prises en fonction de l'effort de pêche et permet de juger approximativement du degré d'exploitation d'un stock dans les conditions passées de la pêche. L'analyse par le modèle global sera donc réalisée au §9.2.

b) les modèles structuraux qui utilisent potentiellement toutes les informations jugées importantes, soit celles disponibles, soit en faisant appel à diverses hypothèses sur les paramètres inconnus ou mal connus. La base de ces modèles analytiques demeure pour l'albacore de l'Atlantique le modèle de RICKER à engins multiples (LENARZ 1971). Du fait des situations de déséquilibre fréquemment observées pour ces pêcheries, il semble indispensable de disposer d'un modèle de

simulation permettant l'analyse des états de transition de la pêche, en réponse à toute variation de l'effort de pêche ou résultant de fluctuations du recrutement. Le modèle "idéal" devra intégrer toutes les caractéristiques majeures identifiées pour l'exploitation de la ressource. Il devra en contrepartie éviter une excessive complexité au niveau des paramètres utilisés par le modèle : en effet, cet excès de paramètres nécessitera de multiplier les hypothèses relatives aux facteurs mal connus. En outre, il rend excessivement complexe l'usage du modèle de simulation sur ordinateur en multipliant le volume des données en entrée du modèle. Le modèle recherché sera donc un modèle analytique de simulation visant à un niveau de réalisme satisfaisant sans être d'un emploi excessivement complexe. Il devra en particulier comme le souligne LARKIN 1972 être capable d'explorer le plus large spectre des conséquences de la plus large gamme de politiques d'aménagement des pêcheries.

Un modèle qui tente de répondre à ces critères sera développé et testé aux § 9.3 et 9.6.

9.2. LE MODELE GLOBAL GENERALISE

9.2.1. Description

Le modèle global a été proposé pour la première fois dans la perspective d'aménagement des pêcheries par SCHAEFER en 1954.

SCHAEFER reprend et adapte en fait l'interaction entre prédateur et proie décrite par LOTKA (1923) pour un système écologique autorégulé.

Le modèle ne sera décrit que dans la formulation du modèle global généralisé, tel que l'ont depuis proposé PELLA et TOMLINSON (1969).

Soit un stock unité exploité par une pêche. Dans le modèle global la variation de biomasse de la population par intervalle de temps $\frac{dP}{dt}$

est égale au taux de production naturelle du stock $[g(P)]$ diminué du taux de capture $[h(P)]$ (Seul le taux de capture est susceptible de modifier la biomasse du stock) :

$$\frac{dP}{dt} = g(P) - h(P)$$

PELLA et TOMLINSON (1969) proposent pour la fonction de production naturelle :

$$g(P) = HP^m - KP$$

où H, K et m sont des constantes :

La constante m aura dans ce modèle une importance spéciale, dans la mesure où elle détermine l'allure de la fonction de production, en particulier pour de faible biomasse (cf. figure 77).

Le taux de capture h (P) sera en général proportionnel à la mortalité par pêche F qui, elle même est proportionnelle à l'effort de pêche f .

$$h(P) = f q p$$

Quand $\frac{dP}{dt}$ est nul, on aura une situation d'équilibre entre biomasse et mortalité par pêche.

La courbe de production aura un maximum, la production maximale équilibrée (PME ou "maximum sustainable yield" des anglo-saxons), qui sera obtenu par un effort de pêche classiquement appelé effort "optimum" ou "f opt".

Dans la pratique, on aura très rarement des situations d'équilibre dans les pêcheries, du fait que la mortalité par pêche évolue en permanence en fonction de facteurs externes, socio-économiques par exemple. Dans ces conditions, on cherchera à estimer la courbe de production équilibrée du stock en utilisant la méthode de GULLAND (1961) (ou méthode de l'équilibre approché); cette méthode résulte du concept que les k classes d'âge présentes dans un stock exploité par une pêcherie ont un niveau de biomasse qui résulte de l'effort de pêche qu'elles ont subi antérieurement.

La méthode de GULLAND mettra donc en relation l'abondance durant une année avec l'effort moyen exercé durant k années antérieures, le paramètre k dépendant de la durée de vie de l'espèce. Dans la pratique, on retiendra k égal au nombre de classes d'âge qui contribuent significativement à la prise et on pondérera l'effort de pêche afin de donner plus de poids aux efforts de la période la plus récente (FOX, 1975).

Toutes les estimations des paramètres du modèle global ont été effectuées selon cette approche, en utilisant le programme PRODFIT écrit par FOX.

9.2.2. Données

Les données de base du modèle global sont par nature simples :

(1) l'estimation de l'abondance est fournie par un indice de prise par unité d'effort représentatif du stock. Cet indice de p.u.e. FISM est calculé dans la zone côtière traditionnelle, selon la méthode décrite au paragraphe 4.2.3.7.

Cette zone "traditionnelle" a été retenue pour obtenir des indices de p.u.e. qui sont comparables et homogènes dans le temps (tableau 63).

(2) la mortalité par pêche est estimée en calculant un effort théorique obtenu en divisant la prise totale (toutes pêcheries) par un indice de p.u.e. représentatif de l'abondance (tableau 63).

9.2.3. Calculs

Les calculs ont été réalisés en choisissant pour l'estimation de l'équilibre, une période d'exploitation de 3 ans et de 5 ans (soit $k = 3$ et $k = 5$ dans le modèle). Il est certain que plus de 3 classes d'âge contribuent significativement à la prise ; le choix fréquent de 3 classes résulte de la courte séquence des données disponibles (quatorze années). Le choix de $k = 5$ est biologiquement plus réaliste, mais le calcul de l'équilibre porte alors sur une période plus courte.

Le paramètre m , qui détermine le type de la courbe de production, surtout pour des efforts élevés, a été successivement fixé à 0 (modèle hyperbolique), à 1,01 (modèle exponentiel) et à 2,0 (modèle logistique). Le m fournissant le meilleur accord statistique avec les observations a aussi été calculé (utilisant une option standard du programme PROFIT).

Diverses périodes ont été utilisées pour estimer la courbe de production équilibrée. Les p.u.e. calculées selon la méthode standard sont disponibles de 1969 à 1980; cette période est donc généralement retenue. L'examen des p.u.e. de cette période révèle trois "anomalies" dans les p.u.e., qui intervenant dans la phase initiale d'efforts réduits, sont susceptibles de biaiser l'estimation de la tendance des p.u.e.

(1) la p.u.e. de 1969 semble "exagérément" élevée. Ce très haut niveau est probablement dû à la présence dans la pêcherie de deux fortes classes (1966 et 1967) et à l'activité d'un petit nombre de grands senneurs capables d'exploiter les concentrations avec des p.u.e. élevées sans en diminuer la biomasse (cf. paragraphe 4.2.3.6.).

(2) les p.u.e. de 1970 et 1971 sont anormalement faibles par suite de la présence dans la pêcherie de la très faible classe 1968.

L'estimation de la courbe de production équilibrée a donc été faite d'une part sur toute la période 1969 à 1980 et d'autre part sur la période 1972 à 1980 afin de comparer les résultats obtenus.

9.2.4. Résultats

Les résultats sont donnés dans le tableau 64 et sur la figure 77.

On constate en général la faible dispersion des points observés par rapports aux courbes d'équilibre estimées.

Ceci se traduit par un coefficient d'ajustement élevé et par une faible incertitude estimée par PROFIT pour les paramètres du modèle. Pour $m = 1$, $k = 5$, période 72-80, choix que l'on peut considérer comme biologiquement "raisonnables", la prise maximale équilibrée de l'Atlantique est estimée à 119 000 t (+ 7.4%) pour un effort optimum de 74 000 jours standardisés (soit environ 15% supérieur à l'effort actuel).

Le paramètre $m = 0$ fournit en général le meilleur accord statistique entre données et modèle. Cette constatation est d'ailleurs faite chaque année au sein du SCRS pour l'albacore, depuis que le modèle global généralisé est employé; elle demeure difficile à interpréter biologiquement, comme on le discutera au paragraphe 9.2.5. Au stade de la description des résultats, on constate que les prises maximales équilibrées élevées obtenues avec $m = 0$, sont capturées par un effort de pêche infini et avec une p.u.e. qui tend vers zéro (!).

De nombreux auteurs ont présenté durant la période récente à l'ICCAT des analyses par le modèle global, réalisées avec différentes hypothèses sur la zone d'étude, l'estimation de l'abondance, l'estimation de l'équilibre, la valeur de m , etc... Le point commun à toutes ces analyses est, comme dans la présente étude, la conclusion que la production actuelle de la pêcherie d'albacore de l'Atlantique est proche de la prise maximale équilibrée du stock. On note toutefois que la PME estimée chaque année par le SCRS a été en régulière augmentation, la prise de la période la plus récente étant toujours jugée proche de la PME. Ce paradoxe tient au fait que la PME calculée chaque année par le modèle global concerne la production du stock exploité "actuellement" selon les méthodes de pêche en activité. Il ne permet pas de prévoir le changement de PME résultant d'une extension de la zone de pêche (qui accroît probablement la fraction du stock exploitable) ou d'un changement de technique de pêche qui doit, dans l'approche analytique, faire varier la production par recrue du stock.

En conclusion de la présente analyse et des diverses analyses présentées à l'ICCAT avec le modèle global, le stock d'albacore de l'Atlantique serait, dans les conditions actuelles de l'exploitation (zones de pêche, engins de pêche, etc...), proche de sa pleine exploitation, l'effort de pêche actuel étant légèrement inférieur à l'effort biologiquement "optimum".

9.2.5. Discussion des résultats

L'emploi du modèle global demande un certain nombre d'hypothèses ; FOX (1975) fait une analyse détaillée de celles-ci, et des conséquences prévisibles si ces hypothèses sont fausses. En ce qui concerne l'albacore de l'Atlantique, les hypothèses les plus "sensibles", semblent être les suivantes :

- Existence d'une population simple :

L'analyse de l'identité des stocks d'albacore suggère l'existence d'une population composée de divers sous-stocks ayant entre eux un certain taux de mélanges résultant des migrations. Si ce schéma est correct, le modèle global appliqué à une zone donnée ne permettra en aucune façon d'estimer la PME de la population de l'Atlantique et tout accroissement de la zone exploitée conduira à modifier l'estimation de cette PME (comme on l'a observé pour l'albacore de l'Atlantique et du Pacifique). L'application du modèle global à des stocks qui

se mélangent a été développé par FOX (1975). Cette analyse théorique met bien en évidence, en fonction des taux de mélange et d'exploitation, comment l'estimation de la PME devient complexe.

- Hétérogénéité de l'effort de pêche :

Les pêcheries d'albacore se caractérisent par l'existence de multiples engins exerçant chacun une mortalité par âge "spécifique". L'effort de pêche de chaque engin a très largement varié durant l'historique de la pêche, entraînant nécessairement des modifications de la mortalité par pêche subie par chaque âge. En toute logique, les captures de la flottille de Téma (albacores de 0,5 à 5 kg) ne doivent pas avoir le même potentiel de production que celles de la flottille de palangriers (20 à 80 kg) ou de senneurs (2 à 100 kg).

L'analyse de production par recrue de ces différents engins (§ 9.6.6.) confirme que la production par recrue théorique maximale de ces divers engins est, de fait, très différente.

Le modèle global est a priori inadapté pour tenir compte de la structure complexe de la pêche et de ses changements importants, que par définition il nie.

Or les possibilités de moduler la production maximale équilibrée du stock d'albacore en optimisant l'effort de pêche des divers engins est une voie d'aménagement conceptuellement fondamentale, voie qui est totalement fermée par nature au modèle global.

- Les problèmes de délais d'ajustement du stock à l'effort de pêche : ils sont particulièrement critiques si l'on tient compte des délais dans le recrutement. Ainsi, si l'on imagine une très importante pêche de canneurs (du type de celle de Téma), capturant exclusivement des juvéniles, qui s'implanterait sur un stock d'albacore, divers temps de latence sont alors prévisibles :

(a) 1,5 an, délai qui correspond à la durée de la phase exploitée, sera nécessaire pour atteindre la prise et la pue d'équilibre de cette pêche de canneurs.

(b) 6 à 8 ans (durée de vie) seront nécessaires pour atteindre un premier équilibre de la biomasse totale du stock, en particulier de celle du stock reproducteur (donc de la pue équilibrée des engins exploitant les vieux individus, palangriers et grands senneurs par exemple).

(c) une période plus longue (10, 15, 20 ans ?) sera nécessaire pour établir un nouvel équilibre issu du recrutement généré par le stock reproducteur qui a été réduit en fin de période (b).

On peut imaginer une phase (a) avec une prise élevée et de bons rendements conduisant dans la phase (b) à une dégradation du stock reproducteur qui ne

se traduira que dans la phase (c), 10 à 15 ans plus tard, par une extinction progressive du stock par diminution du recrutement.

- Choix du paramètre m :

Le paramètre m conditionne largement toutes les prévisions que l'on peut être tenté de faire sur l'évolution de la prise et de l'abondance pour les efforts de pêche accrus. C'est a priori l'essentiel de l'intérêt d'un modèle que d'éclairer le futur. Le critère retenu habituellement pour le choix m , est le meilleur ajustement statistique des observations au modèle. Il peut en fait sembler plus pertinent de réfléchir sur les implications biologiques implicites de $m = 0, 1$ ou 2 , afin de choisir par hypothèse et non par ajustement, le m le plus justifié biologiquement.

Dans l'approche analytique traditionnelle, la production du stock est, pour un stock isolé, la résultante des facteurs mortalité d'une part, et croissance + recrutement d'autre part. Quand l'effort de pêche, et donc la mortalité par pêche, s'accroissent sur un stock, il semble que cela puisse entraîner parfois des modifications de la croissance (HEMPEL, 1978) et de la mortalité naturelle du stock. Par ailleurs, ces modifications semblent de fait des régulations à caractère positif pour la biomasse : accélération de la croissance, réduction de la mortalité naturelle. La tendance décroissante de la prise au delà d'un certain effort exercé sur un stock semble de fait essentiellement conditionnée par une baisse du recrutement.

Dans cet esprit, le choix de m pourrait se faire en intégrant les deux concepts de production par recrue (hypothèse d'une mortalité naturelle et d'une croissance constante) et celle de la relation stock-recrutement.

Les courbes de production par recrue de l'albacore atlantique, avec le vecteur actuel de mortalité par pêche et la taille actuelle à la première capture, sont le plus souvent très comparables aux courbes de production du modèle où $m = 0$ (§ 7 et figure 78).

Dès lors, tant que le recrutement ne manifeste pas de tendance nette (§ 6), il est logique, si les ajustements biologiques sont mineurs, de retrouver une courbe de production voisine de celles de production par recrue, soit du type $m = 0$. Bien entendu, cette courbe ne sera valable que tant que le recrutement n'est pas affecté par la baisse du stock reproducteur : il est biologiquement légitime de considérer qu'à un très bas niveau du stock reproducteur, même si la fécondité par individu est susceptible de s'accroître en réaction à la baisse du stock (HEALEY, 1978), la fécondité deviendra si basse que le recrutement sera diminué, la courbe de production s'infléchissant alors vers un type $m = 1$ ou 2 . Il est sans doute donc biologiquement absurde de prêter une signification à la PME calculée pour $m = 0$, PME qui ne peut être obtenue qu'avec un

stock reproducteur tendant vers zéro, sans que le recrutement en soit pour autant affecté.

Dans cet esprit, le tableau 64 donne, outre la PME calculée, la valeur de la prise équilibrée pour un effort de 120 000 jours de pêche standardisé, soit approximativement le double de l'effort actuel.

Ceci confirme la difficulté, voire l'impossibilité, d'utiliser le modèle global pour des efforts de pêche fortement accrus, même en maintenant un schéma d'effort de pêche identique.

En conclusion, le modèle global appliqué à l'albacore atlantique peut être considéré comme une excellente description synthétique du passé de la pêcherie et de la productivité passée du stock. Il peut difficilement devenir un outil d'aménagement des pêcheries ou de prévision du devenir de la ressource et des pêcheries.

Nous reviendrons sur l'intérêt du modèle global et sur ses limites au § 9.7.

9.3. DESCRIPTION GENERALE DU PRESENT MODELE DE SIMULATION

Le concept de base du modèle SIMU (FONTENEAU, 1974) est intégralement conservé : il s'agit d'un modèle de type Ricker (capturabilité variable selon l'âge) à engins multiples en situation de non équilibre. Ce modèle s'appliquait exclusivement au stock situé dans l'Atlantique est, stock supposé unique et isolé, accessible à tous les engins de pêche, de surface et à la palangre. La pêcherie s'étant étendue progressivement vers le large dans les zones de pêche précédemment non exploitées, elle capture désormais des fractions de stock et des classes de taille qui étaient restées peu ou pas disponibles aux pêcheries. De même, les connaissances acquises progressivement dans le domaine de l'identité des stocks suggèrent qu'il existe une certaine forme de ségrégation entre les stocks d'albacores supra et infrathermoclinaux (§ 2.3.). Le modèle a donc, tout en conservant sa conception de base par engin, été développé afin de tenir compte de ces éléments nouveaux :

a) En introduisant une stratification par zone, les individus étant susceptibles de migrer d'une zone à l'autre. La capturabilité par âge de chaque engin devient alors une capturabilité par âge et par secteur.

b) En introduisant une stratification verticale, les strates de surface étant exploitables par divers engins de surface, celles de profondeur ne l'étant que par un engin, la palangre. Il existe en outre des migrations

verticales entre les strates de surface et de profondeur, migrations dépendant de l'âge.

Le modèle couvre tout l'Atlantique intertropical, soit l'ensemble de la zone de distribution de l'espèce : l'hypothèse de travail précédemment retenue d'un stock dans l'Atlantique de l'est est ainsi abandonnée en développant un modèle plus complexe, mais dont l'usage s'avère indispensable.

Une évolution analogue de la modélisation de l'exploitation des populations d'albacore a été observée dans le Pacifique ouest, dans les développements des modèles TUNPOP, mis au point à l'IATTC par FRANCIS entre 1974 et 1977. Il apparaît sur ce plan que la modélisation dans l'Atlantique s'avère facilitée par la taille réduite de cet océan. Ainsi, le modèle de simulation proposé pour l'Atlantique peut-il désormais couvrir sans problème majeur toute la zone de distribution de l'espèce ; ce n'est pas le cas du modèle TUNPOP 1977, qui, bien que définissant trois zones d'une surface supérieure à celles retenues pour l'Atlantique, reste un système ouvert vers le Pacifique ouest.

L'existence d'un système "clos" doit apporter un avantage certain pour la mise au point d'un modèle réaliste : toute divergence entre les prévisions du modèle et les observations ne pourra être due qu'à une erreur interne au modèle, soit dans sa conception, soit dans ses paramètres. Le modèle actuellement mis au point pour l'Atlantique semblant conceptuellement acceptable, ses carences proviendront plus d'erreurs dans l'estimation des paramètres que de l'emploi d'un concept décrivant la dynamique du stock d'une manière qui serait totalement irréaliste. Il suffira donc désormais d'affiner l'estimation de ces paramètres ; ceci pourra, bien sur, s'avérer complexe du fait du grand nombre de paramètres utilisés, dont la plupart sont estimés avec une large incertitude et qui peuvent varier, tant d'une année à l'autre qu'en fonction du niveau d'abondance des stocks. Les analyses de sensibilité du modèle aux erreurs sur les paramètres de base permettront, là encore, de faire varier les paramètres du modèle dans les limites de l'incertitude les concernant, afin de déterminer, dans une certaine mesure, la variabilité résultante des réponses du modèle. Ceci restera complexe du fait de la multiplicité des incertitudes à combiner, mais plus simple que dans un système de simulation non clos géographiquement comme les modèles SIMU 1974 ou TUNPOP 1977, qui présenteront en soi l'inconvénient majeur d'être "contaminables" à un degré inconnu par un système externe, géographiquement adjacent, non pris en compte par le modèle. Ce biais potentiel est bien entendu particulièrement sérieux quand il s'agit d'une espèce migratrice comme l'albacore.

9.4. DESCRIPTION TECHNIQUE DU MODELE

La conception générale du modèle reste celle proposée par FONTENEAU (1974).

9.4.1. Structure de la population

Le développement majeur de ce modèle est l'introduction d'une stratification zonale (y) et celle d'une stratification verticale (profondeur z) dans la population exploitée $N_{y,z}$ et dans les paramètres de l'exploitation (f_{yz}, q_{yz}).

Dans sa version actuelle le modèle accepte 3 zones et 2 profondeurs (figure 79).

- . Atlantique est côtier "traditionnel",
- . Atlantique central,
- . Atlantique ouest

Dans chacune de ces zones il existe un sous-stock de surface exploitable par tous les engins de surface et un sous-stock de profondeur exploitable uniquement à la palangre (soit six fractions de stock).

Il existe entre ces différents sous-stocks des migrations horizontales et verticales ; celles-ci s'appliquent aux populations comme des taux instantanés de migrations interstrates s'appliquant à la fin de chaque intervalle de temps trimestriel. Les taux instantanés de migration dépendent de l'âge des individus :

- V_{1j} = Taux instantané de migration du secteur central au secteur est,
- V_{2j} = Taux instantané de migration du secteur est au secteur central,
- V_{3j} = Taux instantané de migration du secteur ouest au secteur central,
- V_{4j} = Taux instantané de migration du secteur central au secteur ouest.

Dans le modèle actuel les mêmes taux de migration géographique s'appliquent aux individus de surface et à ceux situés en profondeur, c'est-à-dire qu'il accepte l'hypothèse de migrations géographique identiques pour les sous-stocks de surface et de profondeur.

Il existe, en outre, des migrations verticales, elles aussi fonction de l'âge, entre les sous-stocks de surface et de profondeur situés dans une même zone géographique :

- V_{5j} = Taux instantané de migration verticale ascendante,
- V_{6j} = Taux instantané de migration verticale descendante.

Les taux migratoires verticaux sont, dans le modèle actuel, fonction de l'âge des individus, mais sont identiques dans les trois secteurs géographiques ; cela revient à accepter l'hypothèse que le taux de mélange vertical est le même dans tout l'Atlantique.

Le recrutement dans le modèle est traité de la façon suivante : c'est comme dans le modèle SIMU, une variable externe introduite par l'utilisateur et non pas une variable interne générée par le modèle en fonction du niveau du stock reproducteur (§ 7). Il est possible d'introduire dans chacun des trois sous-secteurs de surface un recrutement annuel de juvéniles ("recrutement biologique" défini au § 6.1.). Le recrutement en adultes, des strates profondes ou celui des strates de surface pour lesquelles il n'y a pas de recrutement en juvéniles, résulte des migrations et dépend donc uniquement des taux de migration selon l'âge.

L'introduction des taux de migration dans le modèle se fait en appliquant instantanément au temps initial de chaque unité de temps (trimestre) le taux migratoire relatif à la strate et à l'âge des individus. Après cette migration théorique, le nombre d'individus présents dans la population totale reste bien sûr inchangé. Si l'on emploie la terminologie des vecteurs taux de migration, populations sous jacentes par strate et nombre d'individus migrants représentés figure 79, le nombre d'individus migrants d'une strate à l'autre sera égal à :

$$\begin{aligned}
 MN1 &= N2.V1.(1 - e^{-(V1 + V3 + V6)}) / (V1 + V3 + V6) \\
 NM2 &= N1.V2.(1 - e^{-(V2 + V6)}) / (V2 + V6) \\
 NM3 &= N4.V5.(1 - e^{-(V2 + V5)}) / (V2 + V5) \\
 NM4 &= N1.V6.(1 - e^{-(V2 + V6)}) / (V2 + V6) \\
 NM5 &= N5.V1.(1 - e^{-(V1 + V4 + V5)}) / (V1 + V4 + V5) \\
 NM6 &= N4.V2.(1 - e^{-(V2 + V5)}) / (V2 + V5) \\
 NM7 &= N2.V6.(1 - e^{-(V1 + V3 + V6)}) / (V1 + V3 + V6) \\
 NM8 &= N5.V5.(1 - e^{-(V1 + V4 + V5)}) / (V1 + V4 + V5) \\
 NM9 &= N3.V3.(1 - e^{-(V3 + V6)}) / (V3 + V6) \\
 NM10 &= N2.V4.(1 - e^{-(V1 + V3 + V6)}) / (V1 + V3 + V6) \\
 NM11 &= N3.V6.(1 - e^{-(V3 + V6)}) / (V3 + V6) \\
 NM12 &= N6.V5.(1 - e^{-(V3 + V5)}) / (V3 + V5) \\
 NM13 &= N6.V3.(1 - e^{-(V3 + V5)}) / (V3 + V5) \\
 NM14 &= N5.V4.(1 - e^{-(V1 + V4 + V5)}) / (V1 + V4 + V5)
 \end{aligned}$$

Soit N1 à N6 le nombre d'individus d'un âge quelconque présent dans chacune des 6 strates du modèle avant la migration ; les effectifs M'1 à M'6, nombre d'individus après migration seront alors égaux à :

$$\begin{aligned}
 \text{Atl. est surface} & : N'1 = N1 + NM1 + NM3 - NM2 - NM4 \\
 \text{Atl. est profondeur} & : N'4 = N4 + NM4 + NM5 - NM3 - NM6 \\
 \text{Atl. central surface} & : N'2 = N2 + NM2 + NM8 + NM9 - NM1 - NM7 - NM10 \\
 \text{Atl. central profondeur} & : N'5 = N5 + NM6 + NM7 + NM3 - NM5 - NM8 - NM14 \\
 \text{Atl. ouest surface} & : N'3 = N3 + NM10 + NM11 - NM9 - NM12 \\
 \text{Atl. ouest profondeur} & : N'6 = N6 + NM12 + NM14 - NM11 - NM13
 \end{aligned}$$

9.4.2. Exploitation de la population

- Strates de surface : le sous-stock présent dans chacune des trois sous strates de surface est exploitable par un ou plusieurs engins ; la capturabilité des individus dépend de l'âge, du secteur et de l'engin. Si l'on utilise les indices et paramètres suivants :

a) Indices :

K désigne l'engin (de 1 à n)

i désigne l'âge (de 1 à m)

t désigne l'intervalle trimestriel (de 1 à 4)

T désigne les bornes des intervalles trimestriels (de 1 à 5)

z désigne la zone (de 1 à 3)

b) Paramètres :

R recrutement annuel

$q_{i,k,t}$ coefficients "de possibilité de capture" ("catchability coefficient")

$f_{k,t}$ effort de pêche

$F_{i,k,t}$ taux instantané de mortalité par pêche

$M_{i,t}$ taux instantané de mortalité naturelle

$N_{i,T}$ nombres d'individus dans la population aux bornes des intervalles de temps

$N_{i,t}$ population moyenne de l'intervalle

$C_{i,k,t}$ prise en nombre d'individus

$W_{i,k,t}$ prise en poids

$\bar{w}_{i,t}$ poids moyen observé

Afin de ne pas alourdir excessivement la formulation du problème les indices afférents à la strate (zone et profondeur) ne seront pas répétés. Il suffit de garder à l'esprit le fait que les mêmes équations s'appliquent dans chacune des 6 strates :

La prise de chaque engin en nombre d'individus dans chaque strate sera égale à :

$$C_{i,k,t} = \frac{N_{i,T} \cdot F_{i,k,t} \cdot (1 - e^{-\sum_{k=1}^n F_{i,k,t} + M_{i,t}})}{\sum_{k=1}^n F_{i,k,t} + M_{i,t}}$$

$$\text{où } F_{i,k,t} = q_{i,k,t} \cdot f_{k,t}$$

Durant chaque unité de temps l'effectif de la population décroît en fonction de la mortalité naturelle et de la mortalité par pêche totale due aux divers engins :

$$N_{i,T+1} = N_{i,T} \cdot e^{-(M_{i,t} + \sum_{k=1}^n q_{i,k,t} \cdot f_{k,t})}$$

Dans le modèle actuel, les vecteurs des facteurs q ("capturabilité") par âge des engins de surface sont définis indépendamment dans chacune des trois strates de surface ; au contraire le vecteur de la mortalité naturelle en fonction de l'âge est commun à toutes les strates. La dynamique de la population exploitée dans chaque strate est schématisée sur les figures 81 et 82.

Strates de profondeur : la dynamique des strates de profondeur est strictement identique à celle des strates de surface, si ce n'est que la population profonde ne peut être exploitée que par un seul engin, engin qui n'est pas en mesure d'exploiter les strates de surface. Cet engin est bien entendu la palangre. Un vecteur des facteurs $q_{i,t}$, capturabilité du stock profond pour la palangre en fonction de l'âge, est défini dans chaque sous-secteur de profondeur.

9.4.3. Stratégies des simulations

Le modèle actuel peut donc être utilisé selon diverses hypothèses relatives à l'identité des stocks de surface et de profondeur et tenir compte de changements dans les stratégies d'exploitation (par engin et par zone).

En ce qui concerne l'identité des stocks, on peut, par exemple, employer des hypothèses des types suivants :

a) hypothèse d'un stock atlantique unique exploité par des engins de surface et de profondeur :

Ce cas comparable à l'ancien modèle SIMU pourra se traiter au sein d'une seule sous-zone de surface, sans migrations verticales ni géographiques, exploitées en commun par divers engins. Dans ce cas, la palangre ne diffère des engins de surface que par la spécificité de son vecteur q , mais elle exploite le même stock.

b) hypothèse de divers sous-stocks géographiques dans l'Atlantique mais sans stratification verticale :

Seules sont définies les strates de surface exploitées par divers engins, dont éventuellement les palangriers. Les taux de migrations verticales sont alors égaux à zéro afin de conserver la population exploitable.

c) hypothèse d'un stock profond et d'un stock de surface dans l'Atlantique ayant un certain taux de mélange. Seule une strate géographique est définie,

les taux de migration horizontaux étant imposés égaux à zéro. Le recrutement biologique a lieu en surface et alimente progressivement la strate de profondeur en fonction des migrations. La strate de surface n'est exploitée que par les engins de surface, celle de profondeur par la palangre.

d) hypothèse de 6 sous-stocks, 3 de surface et 3 de profondeur, situés dans l'Atlantique est, central et ouest (figure 76), et ayant un certain degré de mélange. C'est le modèle typique décrit aux paragraphes 9.4.2. et 9.4.3.

Dans les hypothèses admettant l'existence de migrations (hypothèses b à d), la dynamique des sous-stocks sera largement déterminée par le type des migrations retenues. On pourra, par exemple, dans le cas des migrations verticales, définir celles-ci uniquement dans le sens surface-profondeur ; les deux stocks seront alors relativement indépendants, l'émigration à partir du stock de surface étant comparable à une mortalité naturelle et le recrutement pour le sous-stock profond restant toutefois déterminé par l'importance de l'effectif de surface et son évolution.

Au contraire, si on définit des migrations verticales ascendantes et descendantes d'importance comparable, le degré d'interdépendance des stocks sera supérieur, les sous-stocks demeurent toutefois divisés à chaque instant en deux fractions distinctes, non également accessibles aux divers engins qui exploitent la surface ou la profondeur.

Les mêmes concepts s'appliqueront tant sur le plan de la stratification horizontale que sur celui de la stratification géographique.

9.5. ESTIMATION DES PARAMETRES

9.5.1. Mortalité naturelle et recrutement.

Le choix de ces deux paramètres est dans l'approche employée intimement lié : ainsi, à toute hypothèse sur M, correspond une estimation de recrutement.

La mortalité naturelle retenue pour les simulations est constante en fonction de l'âge et égale à 0,6.

Cette valeur, bien que très discutable, semble en effet une grandeur "vraisemblable" (§ 5.2.3.).

Les recrutements retenus sont subséquentement ceux correspondants à $M = 0,6$ dans les 2 hypothèses: F min, stock modérément exploité et F max stock pleinement exploité, soit 57,5 et 34,5 millions d'individus à l'âge 6 mois.

Les vecteurs mortalité par pêche retenus pour l'estimations des facteurs q par âge seront aussi, bien entendu, ceux qui correspondent à ces facteurs M et N_0 ainsi choisis.

9.5.2. Calcul des facteurs q :

Les facteurs q par engin ont été calculés à partir des résultats de l'analyse de cohortes, de la contribution de chaque engin dans le vecteur des prises par âge et de l'effort de pêche par engin durant la même période. La période récente a été retenue pour ces calculs : 1975 à 1977 pour les pêcheries de surface et 1974 à 1976 pour les pêcheries à la palangre.

L'analyse des cohortes a permis de calculer pour chaque âge une estimation du taux de mortalité par pêche : F_i .

Cette mortalité par pêche est générée par divers engins :

$$F_i = \sum_{k=1}^{k=NG} F_{ik}$$

La mortalité par pêche générée est bien entendu proportionnelle à sa prise. Il est donc aisé, connaissant la mortalité par pêche totale et la prise de chaque engin pour chaque âge, de calculer la mortalité par pêche générée par chaque engin.

Le coefficient de capturabilité par âge et par engin q_{ik} sera égal à la mortalité par pêche (de l'âge et de l'engin) divisée par l'effort de pêche de l'engin :

$$q_{ik} = \frac{F_{ik}}{f_{ik}}$$

Les taux de mortalité par pêche retenus sont ceux calculés dans l'hypothèse d'un recrutement constant, mortalité naturelle égale à 0,6 pour les hypothèses F_{max} (recrutement = 30 millions) et F_{min} (recrutement = 50 millions).

Quatre engins caractéristiques de la pêcherie thonière ont été retenus :

- le canneur basé à Téma ;
- le canneur FISM ;
- le senneur FISM ;
- le palangrier.

Les calculs de ces facteurs q pour ces quatre engins sont donnés sur les tableaux 65 à 68. Les facteurs q eux-mêmes sont représentés sur la figure 80.

Les facteurs q ainsi calculés correspondent à la mortalité par pêche infligée à l'ensemble du stock de l'Atlantique par une unité d'effort de l'engin considéré. On pourra désigner ces facteurs q sous le terme de facteurs "q globaux", par opposition aux facteurs "q locaux" qui correspondront à la mortalité par pêche générée par unité d'effort sur les individus présents dans une strate déterminée.

Les facteurs q "locaux" seront supérieurs aux facteurs q "globaux" si les individus de l'âge considéré sont distribués dans diverses strates.

On aura alors la relation classique :

$$(1) C_i = \frac{N_i F_i (1 - e^{-F_i + M_i})}{F_i + M_i} \quad (\text{où } C_i \text{ est la prise observée})$$

où N_i désigne la population totale de l'âge considéré.

Si N_i désigne le sous-stock présent dans la strate à l'instant donné on aura :

$$(2) C_i = \frac{N'_i F'_i (1 - e^{-F'_i + M_i})}{F'_i + M_i}$$

F'_i désignera la mortalité par pêche exercée localement.

F'_i sera très généralement supérieur à F_i parce que le sous stock présent dans une strate quelconque sera égal ou, en général inférieur, à la population totale ($N'_i \leq N_i$).

On aura ainsi :

$$\frac{N_i F_i (1 - e^{-F_i + M_i})}{F_i + M_i} = \frac{N'_i F'_i (1 - e^{-F'_i + M_i})}{F'_i + M_i}$$

$$(3) \text{ soit } F = \frac{N'_i (1 - e^{-F'_i + M_i}) (F'_i + M_i) F_i}{N_i (1 - e^{-F_i + M_i}) (F_i + M_i)}$$

Cette équation doit se résoudre à partir de F_i , M_i , F'_i et M_i

qui sont préalablement connus, en cherchant par itération le F_i qui donne l'égalité des deux membres de l'équation. Comme dans l'équation classique de l'analyse de cohorte, il n'y aura pas de solution quand la prise C_i est trop élevée par rapport à la population N_i (en tenant compte de la mortalité naturelle).

Ces équations sont valables dans le cas d'une pêcherie multiengins : on aura la même équation mais dans laquelle la population locale sera soumise à la mortalité naturelle et à la mortalité par pêche de tous les engins réunis.

On aura alors :

$$(4) F'_{ik} = \frac{N_i}{N_i} \cdot \frac{1 - e^{-(\sum F_{ik} + M_i)}}{1 - e^{-(\sum F'_{ik} + M_i)}} \cdot \frac{\sum F'_{ik} + M_i}{\sum F_{ik} + M_i} \cdot F_{ik}$$

La somme des F'_{ik} de k engins exploitants une strate quelconque (équation 4) sera toujours supérieure à la somme des F_i qui seraient calculés pour chacun des engins exploitants isolément la strate (équation 3).

On pourra donc aisément calculer les F_{ik} par l'équation (4) grâce à un processus itératif : on introduira d'abord pour chaque engin dans l'équation (4) des estimations préliminaires de F_i calculées par l'équation (3) pour chaque engin qui aurait seul exploité la strate.

Les facteurs q des canneurs FISM et de Téma qui exploitent que l'Atlantique est côtier concernent ce secteur ; dans le cas des senneurs qui exploitent l'Atlantique est et central, les facteurs globaux ont été calculés pour chacune de ces deux zones. Le facteur q ainsi calculé correspond à la mortalité par pêche générée sur l'ensemble de la population par une unité d'effort de pêche qui s'exerce dans chacune de ces deux zones. Les facteurs q de ces trois engins dans les zones non encore exploitées sont inconnues. Pour les palangriers les facteurs q ont été calculés pour l'ensemble de l'Atlantique tenant compte de l'homogénéité des tailles capturées dans les différentes zones. Le même vecteur de q globaux sera ensuite appliqué dans chaque secteur.

D'un point de vue pratique, la simulation se déroule nécessairement en deux phases :

(1) la première phase a pour objectif de calculer les facteurs q "locaux" de chaque engin à partir des facteurs q globaux, étant donnés des taux de migrations et une distribution des efforts de pêche par engin et secteur .

Ce calcul est en fait effectué durant une période de 8 ans, pendant laquelle les efforts moyens de la période 1975-1977 sont exercés. Cela permet d'obtenir à la fin de la période une situation d'équilibre comparable à celle observée en 1977.

(2) la deuxième phase de la simulation utilise les facteurs q locaux calculés à la fin de la première phase. Ces facteurs q sont alors fixes et sont utilisés pour toutes les simulations ultérieures qui admettent les taux de migrations retenus en commun dans les deux phases.

Si on souhaite tester une autre hypothèse d'identité des stocks et de migrations, qui, à partir d'un q global donné, changera la valeur des q locaux, on sera conduit à passer les deux étapes de la simulation.

Sur le plan informatique la deuxième étape sera, bien entendu, enchaînée à la première et tous les paramètres d'entrée et ceux calculés par la première étape sont transférés automatiquement dans la deuxième étape (par l'intermédiaire d'un fichier disque temporaire) sans intervention "manuelle".

Les efforts de pêche utilisés pour générer la population et la pêcherie sur lesquelles porteront les mesures de gestion projetées, sont donnés dans le tableau 69.

9.5.3. Estimation des taux de migration

(a) Nature du problème :

Le caractère migratoire de l'albacore atlantique ne semble pas faire de doutes, si l'on en juge de la distribution spatiotemporelle des individus des divers âges et des résultats des marquages.

L'existence d'une certaine ségrégation horizontale temporaire entre des individus de surface et de profondeur semble aussi probable.

Une difficulté majeure reste d'estimer quantitativement les taux des mélanges. Diverses contraintes doivent être respectées et permettent d'éliminer un certain nombre d'hypothèses qui seraient en contradiction avec les observations : il faut ainsi de toute évidence que les taux choisis conduisent à une distribution spatiotemporelle des âges permettant de rendre compte de la distribution spatiotemporelle observée pour les captures des divers âges.

(b) Taux migratoires estimés :

Les taux ont donc été estimés à partir, d'une part des observations sur la distribution des jeunes âges, d'autre part des variations saisonnières de la pue palangrière jugées significatives de la migration des adultes (tableau 4).

Les taux retenus pour les simulations sont donnés dans le tableau 69. La distribution géographique du recrutement est un facteur directement lié aux taux de migrations retenus : afin d'obtenir un schéma de répartition des jeunes en accord avec les observations, le recrutement total a été distribué, par hypothèse, à 87% dans la zone est, 0% dans la zone centrale et 13% dans la zone ouest.

9.6. QUELQUES SIMULATIONS :

9.6.1. Extension vers le large de la zone de pêche :

(a) Paramètres et scénario

Afin de tester la réaction du modèle en réponse à une extension de la zone de pêche, le scénario suivant a été établi :

- Hypothèse d'un stock pleinement exploité (Hyp. F max.)
- Taux de migration interstrates donnés dans le tableau 69.
- 2 engins : palangriers (facteurs q max. globaux, tableau 67) à un niveau d'effort constant et égal dans les trois zones, et grands senneurs (facteurs q max. globaux, tableau 66) avec un effort croissant.
- Zone : 3 secteurs géographiques stratifiés chacun en deux sous strates de profondeur (figure 79) : la zone de pêche est dans une première simulation (a), limitée à la zone côtière de l'Atlantique est. Dans une deuxième simulation (b) l'accroissement de l'effort de pêche porte sur la zone centrale, l'effort côtier demeurant constant.
- $M = 0,6$ et recrutement constant (secteur ouest = 4,5 millions, secteur est = 30 millions d'individus à l'âge 6 mois).

(b) Résultats

L'évolution de la prise projetée par le modèle durant la période de 12 ans de la simulation est représentée figure 83, la prise équilibrée étant représentée en pointillés. On y constate que dans la phase des années 8 à 12, où l'effort s'accroît dans la zone centrale, la production s'accroît sensiblement (pour un même effort), tant la production prédite (21 000 t de différence pour l'an 12) que la production équilibrée de la pêcherie simulée (24 000 t d'écart. C'est l'accroissement de la prise de gros individus qui entraîne cette amélioration de la production par recrue (fig. 83 b) ; il s'agit ici de production équivalente à une production par recrue, dans la mesure où le recrutement et tous les paramètres biologiques sont restés constants par hypothèse.

(c) Discussion

Ce résultat n'a rien de surprenant en soi. Il confirme l'intérêt d'un modèle stratifié géographiquement pour bien analyser l'évolution de la production par recrue de la pêcherie.

Il montre, dans l'optique du concept d'une espèce migratrice, l'importance de l'accroissement de la zone exploitée.

9.6.2. Analyse du déséquilibre d'une telle pêcherie par le modèle de production.

(a) Nature du problème

Le modèle de simulation est potentiellement un outil intéressant pour analyser le déséquilibre de la pêcherie qui résulte de l'accroissement de l'effort de pêche. Seul peut être analysé le déséquilibre de la prise et de la pue par "recrue"; tout éventuel déséquilibre potentiel, résultant d'une carence subséquente du recrutement, est un phénomène biologique qui demeure imprévisible.

Le modèle de production permet théoriquement, dans une certaine mesure, d'estimer (méthode de Gulland) les paramètres de production équilibrée. Il demeure intéressant de déterminer si, sur un jeu de données simulées avec un accroissement simultané de l'effort de pêche et de la zone exploitée, la méthode employée est capable d'estimer la production équilibrée sans biais majeur.

Cet "exercice" a donc été réalisé sur les données simulées de la pêcherie (b) du paragraphe 9.6.1.

L'effort introduit dans le calcul est calculé comme dans le paragraphe 9.5. (modèle de production) en divisant la prise totale par la pue des senneurs dans la zone côtière.

Cette méthode est nécessaire pour disposer d'un indice de pue homogène dans le temps, la phase d'expansion de la zone de pêche conduisant à stabiliser artificiellement les pue toutes zones réunies (dans le modèle comme dans la pêcherie réelle) (figure 83a).

(b) Résultats

Les paramètres de la pêcherie simulée estimés par le modèle global sont donnés dans le tableau 67 et représentés figure 84 ; les calculs ont été réalisés avec k égal à 3 et 5, et m égal à 0,1 ou 2.

On constate que le meilleur ajustement est obtenu avec $m = 0$, la prise maximale équilibrée étant estimée à 197 000 t ($k = 5$) et 160 000 t ($k = 3$), soit des valeurs bien supérieures à la p.m.e. réelle de la population. Pour $m = 1$ ou $m = 2$, les p.m.e. sont proches de la p.m.e. réelle et comprises entre 122 000 t et 127 000 t.

(c) Discussion des résultats

Les données simulées dans l'exemple correspondent largement aux données réelles de la pêcherie d'albacore de l'Atlantique avec un développement de l'effort des grands senneurs qui étendent leurs zones de pêche.

Le changement des courbes de production équilibrées du stock qui en résulte conduit le modèle de production à un ajustement "optimal" avec un paramètre $m = 0$. La connaissance que l'on a de la p.m.e. de la population simulée montre que cela conduit à des estimations de p.m.e. erronées. Il est très probable que les analyses actuelles de la pêcherie par le modèle de production basées sur le meilleur ajustement statistique soient partiellement sous l'influence de ce type de biais, du fait en particulier de l'évolution des zones de pêche de la pêcherie.

9.6.3. Fermeture de la pêcherie à tous les engins de surface durant le 3ème trimestre :

(a) Paramètres du scénario

Le même calcul a été réalisé dans les deux hypothèses F_{min} et F_{max} d'une population modérément ou fortement exploitée.

La population d'albacore simulée a les mêmes caractéristiques biologiques qu'au paragraphe 9.6.1.

La pêcherie simulée est à 4 engins :

- canneurs de Téma
- canneurs FISM
- grands senneurs
- palangriers.

L'effort de ces 4 engins est fixé à un niveau "réaliste", comparable à l'évolution historique observée de ce paramètre (tableau 65). Les facteurs q globaux de ces engins sont ceux calculés précédemment (tableaux 65 à 68) ; les facteurs q locaux sont calculés durant l'année 1977 simulée, puis utilisés ensuite dans les diverses projections.

La réglementation interdisant la pêche à tous les engins (année "R") de surface, s'applique à partir du 3ème trimestre 1982 pendant 4 années, l'effort de pêche trimestriel étant alors constant. La pêcherie palangrière conserve un effort de pêche constant.

Le choix du 3ème trimestre a bien entendu pour but de supprimer les fortes prises de petits albacores observées régulièrement durant cette saison. Le même scénario sera appliqué au 4ème trimestre, pendant lequel les prises de petits albacores sont aussi importantes (§ 9.6.4.).

(b) Résultats

Les projections obtenues dans le cadre de ce scénario de pêche sont présentées figure 85 (a) et (d), les résultats étant obtenus pour les deux hypothèses d'une population pleinement exploitée (F max.) ou modérément exploitée (F min.).

- Prises : la prise totale durant l'année R-1 précédant la réglementation est de 119 500 t (pour une prise d'équilibre de 117 300 t). La prise totale décroît la première année à 98 300 t ; elle remonte ensuite progressivement (à effort constant) pour atteindre en 4 ans de réglementation de 106 300 t. (F min.) à 113 000 t. (F max.). Le scénario n'améliore donc pas la production par recrue de la pêcherie (figure 85 (a)).

- p.u.e. : la p.u.e. annuelle brute des divers engins (prise annuelle/effort annuel) est stable ou en légère hausse (figure 85 (b)), alors que la prise annuelle par bateau de tous les engins de surface montre une diminution sensible de 24% à 19% pour les canneurs de Tema, 21% à 17% pour les canneurs FISM, 15% à 7% pour les grands senneurs, selon l'hypothèse F min. ou F max. Cette baisse de la prise annuelle par bateau, à p.u.e. égale ou supérieure, résulte bien entendu la diminution du temps de mer par bateau. Seule une analyse des paramètres socio-économiques de la pêcherie serait à même de révéler si les conséquences économiques de ce scénario seraient positives ou négatives.

- Structure démographique de la prise (figure 85 (d)) : la fermeture des pêcheries de surface au troisième trimestre a bien l'effet escompté de réduire significativement les captures d'individus d'âge 0 (baisse de 35%) et d'âge 1 (baisse de 29%), (indépendamment de l'hypothèse sur le taux d'exploitation) ; cette baisse de mortalité par pêche permet 4 ans plus tard des prises plus élevées de poissons plus âgés. Le bénéfice potentiel théorique est bien entendu supérieur dans l'hypothèse où la population actuelle est proche de la pleine exploitation (hypothèse F max.), car dans cette hypothèse la prise d'un nombre donné de jeunes individus correspond à une mortalité par pêche supérieure.

(c) Discussion

L'intérêt biologique du scénario conduisant à interdire les pêcheries de surface semble modéré. Il en résulte bien une diminution de la mortalité

par pêche sur les juvéniles et donc un accroissement du potentiel de reproduction du stock (de 9% à 13%). Les problèmes ou les avantages économiques liés à un tel scénario demandent à être analysés. Il n'est pas exclu que, au moins pour les senneurs, la faible diminution de la prise annuelle par bateau et la forte réduction des coûts d'exploitation pendant 3 mois (dont carburant) rendent ce scénario économiquement "rentable". Ceci demanderait à être confirmé par des analyses économiques.

9.6.4. Fermeture de la pêcherie de surface au 4ème trimestre :

(a) Paramètres du scénario

Les paramètres de la population et ceux des pêcheries sont strictement identiques à ceux du paragraphe précédent, si ce n'est que la pêche des engins de surface est interrompue pendant le quatrième trimestre et non plus au troisième trimestre.

(b) Résultats

Les projections essentielles de ce scénario de pêche obtenues pour les deux hypothèses F min. et F max., sont représentées figure 86 (a) à (d) .

- Prises : la prise totale décroît la première année à 99 100 t, puis montre une tendance croissante à effort constant, pour atteindre 105 700 t en 4 ans dans l'hypothèse F min. et 115 000 t dans l'hypothèse F max. Ce scénario, comme le précédent n'améliore donc pas la prise équilibrée de la pêcherie (figure 86 (a)).

- p.u.e. : la p.u.e. annuelle brute des 4 engins est stable ou en légère hausse (figure 86 (b)) ; la prise annuelle par bateau (figure 86 (c)), paramètre plus significatif pour le pêcheur, est en baisse sensible pour la plupart des engins la première année de la réglementation (canneur Tema : 48%, canneurs FIS : 12%, senneurs : 21%), puis s'améliore progressivement chez les engins qui capturent l'albacore à divers âges. Après 4 ans la prise annuelle par bateau est en baisse de 47% pour les canneurs de Tema, de 6% à 0% pour les canneurs FISM, et de 15% à 5% pour les grands senneurs. La p.u.e. des palangriers, dont l'effort est inchangé par la réglementation, s'accroît de 3% à 6% (Ces pourcentages sont tous donnés pour les hypothèses F min., puis F max.).

- Structure démographique de la prise : l'évolution est très voisine dans les deux hypothèses F max. et F min. Les captures d'individus d'âge 0 se trouvent réduites de 63% la première année ; celles d'âge 1, de 25%. Il en résulte un léger accroissement différé des captures d'individus plus âgés, malgré la baisse d'effort total (figure 86 (d)).

(c) Discussion

Le scénario d'aménagement des pêcheries a biologiquement des conséquences d'un intérêt modéré : s'il réduit bien la mortalité par pêche sur les jeunes individus et accroît de ce fait la fécondité potentielle de la population (de 10 à 12%), il n'améliore pas la production par recrue de la pêche totale.

9.6.5. Fermeture de la zone côtière pour les canneurs de Téma et les senneurs durant les 3ème et 4ème trimestre.

(a) Paramètres et scénario d'aménagement

Le scénario d'aménagement a pour but de réduire très fortement les captures de juvéniles afin de déterminer les conséquences d'une telle stratégie sur les prises et les rendements. La zone côtière est fermée aux troisième et quatrième trimestres aux deux engins qui capturent l'essentiel des prises de juvéniles.

Les pêcheries de canneurs FISM et de palangriers demeurent inchangées. Le scénario admet que les senneurs reportent leur effort de pêche dans la zone du large, alors que les canneurs de Téma cessent toute activité durant la même période. Les paramètres biologiques afférents à la population et les paramètres des pêcheries sont identiques à ceux des deux exemples précédents.

(b) Résultats

Les conséquences prévues par le modèle de ce scénario d'aménagement sont représentées sur les figures 87 (a) à (d).

- La prise totale subit une chute de 19 500 t l'année de mise en vigueur de ce scénario (figure 87 (a)).

Après 6 ans de cette réglementation, la prise remonte à 21 500 t dans l'hypothèse F. max. (soit 3.5% de plus que la prise équilibrée de la pêche non réglementée) ou à 111 100t dans l'hypothèse F min. (soit 5.3% de moins).

La tendance des p.u.e. est différente selon les engins (figure 87 (b)) : les palangriers et les canneurs FISM, dont l'effort de pêche est inchangé ont tous deux un accroissement progressif de leur p.u.e., de 6% (F min.) à 12% (F max.) pour les palangriers, et de 12% (F min.) à 19% (F max.) pour les canneurs FISZ après 6 ans (équilibre).

Les p.u.e. des canneurs de Tema baissent immédiatement de moitié et demeurent à ce niveau. Celles des grands senneurs baissent de 16% la première année et remontent progressivement à un niveau de 9 % inférieur (F min.) ou de 2% supérieur (F max.) à celui de la situation antérieure à la réglementation.

- la prise par bateau suit une tendance comparable (figure 87 (c)) : forte perte pour les canneurs de Tema (72%), perte faible à nulle pour les senneurs (10% de perte à 1% de bénéfice), bénéfice pour les canneurs FISM (11% à 23%) et les palangriers (6% à 11%).

- la structure démographique de la prise (figure 87 (d)) montre que cette réglementation réduit presque à zéro les prises d'individus d'âge 0 et diminue de 23% celles de poissons d'âge 1.

Il résulte 6 années plus tard une situation d'équilibre théorique avec une prise d'individus d'âges 2 à 5+ peu modifiée par la réglementation, malgré la baisse d'effort, mais dont l'augmentation de l'effectif compense plus ou moins l'absence des individus d'âge 0 dans la prise.

(c) Discussion :

Ce scénario "maximaliste" a de fait un caractère utopiste et théorique : on voit mal en effet comment techniquement une telle mesure d'aménagement pourrait dans la pratique être mise en oeuvre. Indépendamment de son caractère utopique, il est intéressant d'analyser les projections issues d'un scénario aussi extrême : le fait que peu de bénéfices potentiels, ou même certaines pertes, sont à attendre d'un tel scénario d'aménagement, est à noter.

Cela est d'autant plus vrai sur le plan économique pour les senneurs qui contrairement aux deux scénarios précédents (§ 9.6.3. et § 9.6.4.) continuent d'exercer leur activité durant toute l'année, entraînant ainsi des coûts d'opérations plus élevés que dans les deux scénarios où la pêche était arrêtée pendant 3 mois (sans amélioration de la prise par bateau).

9.6.6. Simulations avec des engins uniques.

(a) Position du problème

L'exploitation de la population d'albacores par un engin unique choisi parmi les engins actuellement en activité n'est, bien sûr, qu'une hypothèse purement spéculative. Elle présente toutefois l'intérêt de comparer les potentiels de production par recrue des divers engins dans une optique, non pas statistique de production par recrue classique, mais dynamique, car intégrant

une structure complexe de la population que l'on peut considérer comme étant sinon réelle, du moins plus proche de la réalité.

La production des quatre engins pêchant isolément a donc été simulée jusqu'à des efforts de pêche très élevés. Les canneurs n'exploitent que la zone côtière, alors que les grands senneurs exploitent soit la zone côtière, soit simultanément la zone côtière et celle du large. Les palangriers exploitent l'ensemble de l'Atlantique.

(b) Résultats (figures 88 et 89)

- Canneurs de Tema :

Pour cette simulation à recrutement constant, comme dans les suivantes, les paramètres biologiques du stock et dynamiques de la pêcherie sont identiques à ceux du paragraphe 9.6.2. dans l'hypothèse F max. La prise maximale équilibrée de cette flottille est proche de 42 000 t (figure 88). La prise est constituée essentiellement d'individus d'âge 0 et 1 dont l'effectif se trouve, de ce fait, très réduit dans la population sous jacente (figure 89).

- Canneurs FISM :

La production maximale de la pêcherie de canneurs FISM à recrutement constant est de 60 000 t environ, les prises étant essentiellement composées d'individus d'âges 1 à 3.

- Grands senneurs exploitant la zone côtière :

La prise maximale est alors proche de 90 000 t, les captures étant constitués d'individus de tous les âges de 0 à 5+.

- Grands senneurs exploitant la zone côtière est et celle du large :

La prise maximale d'une telle pêcherie, dont l'effort est distribué moitié dans chacune des deux zones, atteint 120 000 t. La prise est, comme dans le cas précédent, constituée d'individus de tous âges, mais les poissons d'âge 0 sont moins abondants et ceux d'âges 3+ sont plus abondants. L'exploitation par les grands senneurs de tout l'Atlantique n'a pas été simulée, la capturabilité de l'albacore dans la zone ouest étant inconnue pour les senneurs.

- Palangriers :

La prise maximale d'une pêcherie palangrière exploitant seule l'ensemble de l'Atlantique atteint 140 000t, les prises étant constituées exclusivement de poissons d'âge 2+. On note que la p.u.e. théorique d'une telle pêcherie est extrêmement faible, inférieure au dixième de la p.u.e. d'une pêcherie palangrière qui serait seule à exploiter l'Atlantique au niveau d'effort actuel de cette flottille (c'est à dire probablement à un niveau de rentabilité extrêmement bas).

(c) Discussion des résultats

Les estimations de prise maximale équilibrée à recrutement constant, obtenues dans le cadre des hypothèses retenues sur l'identité des stocks, sont comparables, mais toutes sensiblement supérieures à celle obtenues précédemment pour l'Atlantique de l'est par FONTENEAU, 1975. Cette différence provient, de toute évidence, de la zone plus vaste et des nouveaux concepts introduits sur l'identité des

stocks. Globalement, il demeure très intéressant de constater et d'estimer les importantes différences de productivité par recrue des diverses flottilles, ainsi que les vecteurs prises et populations sous jacentes très différents qui correspondent à chaque type de pêcherie.

Ces différences théoriques importantes qui apparaissent sur la figure 88, traduisent probablement un élément essentiel à garder à l'esprit quand il s'agit d'analyser la dynamique de la population d'albacores.

9.6.7. Sensibilité des prévisions à l'estimation des taux de migrations :

(1) Problème et méthode

On doit garder à l'esprit que l'estimation des taux de migrations interzone constitue un choix largement arbitraire, basé sur l'analyse des cpue et sur diverses observations biologiques (paragraphe 9.5.2.). Seuls le schéma migratoire et l'âge auquel les migrations ont lieu dans l'Atlantique constituent un concept robuste, face à cette incertitude importante sur la valeur des taux réels de migration interzones ; le scénario de pêche du § 9.6.3. a donc été simulé dans l'hypothèse F max, avec des taux de migrations horizontales homothétiques aux taux standards retenus, mais égaux au double, puis à la moitié des taux habituels. Les facteurs q locaux correspondants à ces 3 schémas migratoires ont tout d'abord été calculés dans chacune de ces trois hypothèses durant une simulation de la période 1974-1977, puis fixés à leur niveau de fin 1977, pour toute la période de la simulation ultérieure.

(2) Résultats

Les résultats des projections sur une période de 9 ans sont représentés figure 90, prises totales et prises par unité d'effort par engin.

On constate que les projections sont très comparables dans les 3 hypothèses afférentes aux migrations géographiques.

(3) Discussion

Les présents résultats ne constituent qu'une indication que les projections du modèle seraient peu sensibles à l'estimation des taux de migration. Pour étayer ce résultat, il serait nécessaire de multiplier les hypothèses sur ces taux en les combinant avec diverses hypothèses sur les autres paramètres de la simulation. Ces études devraient en particulier conduire à distinguer les vecteurs des taux migratoires "possibles", c'est à dire ceux qui rendent bien compte de la distribution géographique des biomasses et des prises par âge, des taux migratoires "impossibles", c'est à dire en contradiction avec les observations. L'ampleur d'une telle analyse dépasse le cadre du présent travail.

On peut au stade actuel de l'étude retenir l'"impression" que les prévisions sont, de fait, peu sensibles au niveau des taux migratoires, dès lors que ceux-ci sont compatibles avec les observations biologiques. Cela n'a de fait rien de très surprenant. Tout d'abord les facteurs q "locaux", calculés par le modèle pour chaque strate, dépendent de la valeur des taux de migrations et demeurent inchangés pour les projections subséquentes. Ensuite, dans le concept actuel où les individus font des migrations "circulaires" dans le système, le fait important est qu'un individu qui migre peut n'être plus temporairement accessible à un engin donné, mais reste présent dans le système. Les taux migratoires n'entraînent donc pas de ce fait de changement majeurs de l'effectif de la population totale, si ce n'est en rendant des fractions de stocks plus ou moins vulnérables à chaque engin de pêche.

9.7. CONCLUSION ET PERSPECTIVES SUR LA MODELISATION :

La présente méthode d'analyse de l'état des stocks d'albacore a été schématisée figure 91. Elle repose sur deux approches complémentaires :

(1) analyse du passé de la pêcherie par le modèle global permettant de déterminer approximativement l'état d'exploitation actuel du stock.

(2) projections relatives au futur de la pêcherie et à ses perspectives d'aménagement rationnel grâce à l'emploi d'un modèle analytique de simulation multiengins, à stratification géographique et verticale.

Les deux approches sont en fait extrêmement liées.

L'analyse par le modèle global est fondée sur l'emploi des simples données de prises et d'effort. L'interprétation et la discussion des observations sont toutefois facilitées par la connaissance des variations du recrutement. Par exemple, on a vu que le bas niveau de prise et de p.u.e. en 1970 et 1971 était dû essentiellement à la présence dans la pêcherie de la très médiocre classe 1968.

Le modèle global est ainsi capable, dans une certaine mesure, de donner des indications utiles sur la prise maximale équilibrée de la pêcherie, (d'albacores uniquement dans les conditions actuelles de l'exploitation), ainsi que sur la situation actuelle de la pêcherie actuelle par rapport à un équilibre estimé. Ce modèle n'est malheureusement pas prédictif, ni adapté à la structure multiengins de la pêcherie d'albacore, a fortiori si les conditions d'exploitation sont modifiées ; en conséquence si le modèle global est susceptible d'indiquer qu'un stock nécessite des mesures d'aménagement, ce modèle

ne sera guère utile pour mettre au point des stratégies d'aménagement, ni d'en déterminer les conséquences.

On devra alors faire appel au modèle analytique de simulation du type proposé. Cet outil est dans l'état actuel des connaissances "la seule fenêtre ouverte sur le futur" de l'aménagement de la pêcherie. Ce modèle repose sur un grand nombre d'observations et d'hypothèses afférents aux paramètres observés dans le passé. Ses projections dépendent, tout à la fois, de ces éléments et d'hypothèses nouvelles sur des événements futurs : recrutement, stratégies de pêche, etc... Bien entendu les incertitudes dans les projections seront croissantes dans le temps. Les projections d'un tel modèle demeurent donc chargées d'incertitudes. Malgré ces incertitudes, cette approche demeure actuellement la meilleure, voire la seule, pour gérer le futur de la pêcherie d'albacore atlantique.

Enfin si cette approche n'a été employée que pour l'albacore dans une approche monospécifique, le même concept et le même programme peuvent très probablement s'appliquer avec pertinence aux deux autres espèces de thonidés tropicaux, le patudo et le listao.

Sans qu'on puisse parler réellement d'une approche plurispécifique, puisque les interactions entre espèces (thons ou autres) ne seraient pas prises en compte, le même modèle appliqué simultanément à chacune des trois espèces, permettrait de déterminer les conséquences sur toutes les prises, pour les pêcheries et les stocks, des projets d'aménagements des pêcheries.

Là aussi le modèle analytique permet potentiellement une approche plurispécifique qui, si elle n'est pas exempte de problèmes, ouvre une voie qui était fermée de fait au modèle global.

Enfin, l'un des potentiels intéressants du modèle analytique, non encore exploité, réside dans la facilité qu'il a d'incorporer des facteurs économiques.

En effet, tant le prix de vente du poisson en fonction de son âge que les coûts de l'effort de pêche de chaque engin selon la zone de pêche, les coûts fixes d'un navire immobilisé par une réglementation etc... peuvent très aisément être introduits dans ce type de modèle biologique. Il en résulte potentiellement des projections biologiques et économiques par flottille, éléments indispensables à une prise de décision d'aménagement des pêcheries.

CHAPITRE 10 - CONCLUSION

Plusieurs chercheurs, POSTEL, BANES, ROSSIGNOL, ALBARET, YANEZ, ont précédemment soutenu une thèse sur l'albacore de l'Atlantique.

De nombreuses recherches ont en outre été menées sur cette espèce, particulièrement depuis 1970 dans le cadre de l'ICCAT. La synthèse des connaissances acquises, spécialement dans une optique de dynamique des populations, restait à faire. Le présent travail a tenté d'atteindre cet objectif par :

(1) l'amélioration des connaissances : connaissances sur les paramètres afférents à l'albacore atlantique et connaissances sur les pêcheries qui exploitent cette population

(2) la mise au point d'une modélisation des pêcheries, suffisamment réaliste pour permettre un éventuel aménagement rationnel de celles-ci.

Bien entendu, la deuxième étape se doit d'être adaptée au niveau des connaissances acquises lors de la première phase. Si dans la phase initiale de l'analyse d'une pêcherie, le travail se limite très souvent par nécessité à l'analyse de la relation prise-abondance-effort (modèle global), les modélisations ultérieures doivent chercher à aller au delà, dès que les paramètres acquis le permettent.

En ce qui concerne notre étude sur l'albacore, les résultats acquis semblent très positifs dans de nombreux domaines de la connaissance : identité des stocks, croissance, estimation des taux de mortalité par pêche et des populations sous jacentes, notion d'effort de pêche et estimation de l'abondance, production par recrue, recrutement.

La structure de la population d'albacore semble, globalement, assez bien cernée, au moins qualitativement. Les juvéniles, nés dans les zones côtières de l'Atlantique est et ouest, ne feraient que des migrations côtières. Plus tard, à leur maturité sexuelle, les migrations deviendraient plus importantes et transocéaniques. On aurait ainsi, à proprement parler, ni divers stocks géographiquement isolés, ni un stock unique, mais divers sous-stocks ayant entre eux un certain degré de mélange. Ce concept explique bien l'accroissement de la prise qui a été observé lors de l'extension des

pêcheries vers le large : ainsi les pêcheries du large exploitent des "unités" du large qui, sans être isolées de celles côtières, ni n'ont la même structure démographique, ni ne subissent un même taux d'exploitation.

Dans le détail, il s'avère difficile d'estimer quantitativement les migrations et les chiffres retenus dans le présent travail ne constituent, au mieux, qu'un ordre de grandeur "possible" de celles-ci.

La croissance de l'albacore, spécialement celle des juvéniles, a fait l'objet d'études particulières du fait de son importance dans l'analyse de la production par recrue et des conséquences des mesures d'aménagement des pêcheries par la limitation de la mortalité exercée sur les juvéniles.

La présente étude conclut que le paradigme actuel d'une croissance rapide des albacores de 35-60 cm surestime probablement beaucoup la croissance de ces individus. L'hypothèse la mieux en accord avec les observations est, à l'heure actuelle, que la croissance de l'albacore est très lente (environ 1,4 cm/mois ou 17 cm/an de 35 à 60 cm.

Cette hypothèse a été retenue dans tout le présent travail. Elle demande toutefois à être confirmée.

L'effort de pêche des thoniers qui exploitent l'albacore de l'Atlantique a été analysé dans le détail. Cette analyse confirme que l'effort de pêche des flottilles thonières est un concept difficile à interpréter et à utiliser, en particulier quand il s'agit d'estimer l'abondance à partir de la prise par unité d'effort. Sans pouvoir résoudre tous les biais, la présente étude permet de cerner et de corriger les biais majeurs dans le calcul d'un indice d'abondance à partir des prises par unité d'effort de thoniers senneurs.

L'estimation de la mortalité par pêche a fait l'objet d'analyses poussées par la reconstitution des vecteurs de prises par âge de 1956 à 1977, vecteurs traités ensuite par l'analyse des cohortes. Les résultats acquis permettent, semble-t-il, de cerner assez bien les variations de la mortalité par pêche selon l'âge et selon les périodes, en dépit d'incertitudes évidentes sur la mortalité naturelle, les vecteurs de prises et le taux d'exploitation de la population.

Les taux ainsi calculé et les populations sous jacentes correspondantes

sont afférents à l'ensemble de la population d'albacore atlantique. En dépit des diverses hypothèses et incertitudes de cette analyse, ses résultats semblent globalement plus réalistes que ceux obtenus par d'autres méthodes.

Le recrutement biologique, c'est à dire le volume de juvéniles qui chaque année alimentent la population totale, est un paramètre qu'il est essentiel d'estimer. En effet de son niveau et de sa tendance dépendront le devenir de la population et donc celui de l'industrie thonière. La méthode d'estimation proposée permet, à partir de la pue des albacores récemment recrutés dans la pêcherie FISM, de calculer un indice relatif d'abondance. Bien que sous la dépendance des biais qui demeurent entre pue et abondance, cet indice doit permettre de contrôler en routine la tendance du recrutement, probablement mieux et plus rapidement que par analyse des cohortes. Bien entendu, les estimations du recrutement obtenues par des deux techniques devront utilement être comparées.

Les nouvelles analyses de production par recrue dérivées des résultats de l'analyse des cohortes semblent intéressantes à considérer : en effet, du fait de la croissance lente des juvéniles et du relativement bas taux de mortalité par pêche à cet âge, l'analyse suggère que les bénéfices à espérer d'une limite de taille à la première capture sont faibles ou modérés (selon l'hypothèse concernant le taux d'exploitation). Le concept de l'âge à la première capture est en fait totalement inadapté à la gestion des pêcheries d'albacores, du fait du mélange des tailles et des espèces dans les bancs et du caractère non sélectif des mailles des sennes ; de ce fait, un modèle multiengins à stratification spacio-temporelle, du type de celui développé dans le présent travail, sera en soi beaucoup plus intéressant et réaliste. Il permettra, en particulier, d'explorer les conséquences du contrôle de l'effort de pêche des divers engins, par exemple par l'interdiction saisonnière des engins qui capturent un nombre important d'albacores juvéniles. De telles perspectives ont été réalisées et montrent au moins l'intérêt potentiel de la méthode.

Nombreux demeurent toutefois les points d'interrogation qui nous ont conduit, pour obtenir ces résultats, à avoir recours à diverses hypothèses de travail.

Les connaissances actuelles semblent toutefois suffisantes pour permettre d'envisager une modélisation réaliste de l'exploitation des stocks. En particulier, l'emploi intensif du modèle global (SCHAEFER 1954) comme

outil unique d'aménagement des pêcheries, semble désormais périmé pour l'albacore atlantique. Bien que ce modèle soit d'un intérêt pédagogique et synthétique certain et qu'il semble bien s'ajuster aux observations prises-effort chez l'albacore, le champ de ses applications en matière d'aménagement des pêcheries et de prévisions semble de fait restreint chez l'albacore. Il est ainsi très probable qu'un modèle analytique multiengins et multizones pourra seul apporter les réponses aux questions posées par les responsables de la conservation des ressources.

De nombreux problèmes demeurent pour l'emploi de ces modèles, en particulier du fait des multiples paramètres nécessaires à leur emploi. Très souvent ces paramètres ne pourront pas être mesurés et une hypothèse "raisonnable" devra être faite pour chacun d'eux.

Il en résulte une incertitude permanente sur les effets combinés des erreurs potentielles commises, erreurs que les analyses de sensibilité ne permettront pas le plus souvent de mesurer réellement. Le dynamiqueien devra alors choisir entre les deux maux suivants : employer un modèle global qui n'utilise qu'une infime partie des informations disponibles sur l'espèce (prise totale, pue) et ne permet de fait qu'une analyse des événements passés

ou employer un modèle analytique qui utilise l'essentiel des informations disponibles et demande en outre diverses hypothèses sur des paramètres inconnus, permettant de réaliser des projections d'une validité incertaine, qui dépendront, tant de la qualité du concept employé par la modélisation, que de celle des paramètres calculés et estimés, qu'elle utilise. Entre ces deux "maux", il n'est pas en fait nécessaire de choisir : s'il est légitime de continuer à analyser l'état de la pêcherie d'albacores par l'examen de la relation observée entre prise, effort et pue, toute prospective et tout aménagement fin des pêcheries d'albacores ne pourra résulter que de l'emploi d'un modèle analytique. Le modèle proposé n'est bien entendu qu'une étape préliminaire dans la modélisation. On ne peut guère, toutefois, envisager des modèles beaucoup plus complexes du fait des limitations actuelles et à moyen terme, dans les données. On peut toutefois envisager, d'ici l'an 2 000 par exemple, des modèles dans lesquels pourraient être pris en compte :

(1) l'existence de pêcheries plurispécifiques orientant leur effort de pêche de façon variable. Les interactions biologiques entre les espèces, tant entre espèces de thons pêchés simultanément, qu'entre toutes les espèces du milieu épipélagique, semblent ne pas pouvoir être modélisées avant très

longtemps, du fait de la complexité des interactions en jeu et de l'extrême difficulté de réaliser des observations sur celles-ci. A court terme, et afin de tenir compte de l'existence de trois espèces dans la pêcherie, le modèle de simulation mis au point sur l'albacore peut toutefois être employé successivement pour chacune des trois espèces de la pêcherie internationale (patudo, albacore, listao) ; le cumul arithmétique des prises et des p.u.e. permet d'estimer les conséquences d'une nouvelle stratégie de pêche pour la somme des espèces, les interactions entre espèces étant négligées.

(2) les variations spatiotemporelles de la capturabilité des stocks en relation par exemple avec la variabilité de l'environnement.

Le présent modèle ne cherche à estimer que la tendance de la ressource et des indices des pêcheries. Il apparaît indispensable, pour réellement prévoir la valeur d'un indice annuel donné (par exemple c.p.u.e.), de tenir compte de la disponibilité du stock. Cette prévision demeure à l'heure actuelle impossible par suite du peu de travaux réalisés dans ce domaine. Les causes des variations interannuelles de disponibilité de l'albacore demeurent de fait inconnues. Si celles-ci étaient connues, toute prévision fiable demeurerait sans doute utopique, du fait de l'extrême difficulté de prévoir les facteurs qui conditionnent cette disponibilité (thermocline, masses d'eaux, courant, oxygène ?)

(3) le fait que les individus sont chez l'albacore regroupés en bancs et en concentrations. Le modèle actuel travaille à une échelle spatio-temporelle large, trimestre et vaste zone, en négligeant le mode de distribution des individus dans chaque strate. Il est possible que les modèles devront tenir compte du fait que l'essentiel de la population est distribué en bancs de taille très variables, le banc étant l'unité exploitée par la plupart des pêcheries. Là aussi, beaucoup de données fines seront nécessaires pour maîtriser ce concept et envisager sa modélisation.

Son introduction risque en outre de rendre très complexe le modèle, sans nécessairement apporter un gain significatif de précision dans ses projections.

(4) les paramètres socio-économiques des pêcheries : bien que ce problème soit hors de notre domaine d'étude, il est désormais indiscutable que les décisions d'aménagement des pêcheries doivent se fonder sur une combinaison de critères biologiques, économiques et sociologiques. Si le modèle proposé ne comporte que des composantes biologiques, l'incorporation de composantes

économiques dans celui-ci ne pose pas de problème spécial. En effet, sa structure par engin permet une incorporation des coûts liés à l'effort de pêche de chaque engin. On pourra aussi, dans les scénarios de saison de pêche fermée, introduire les coûts en fonction de la zone d'opération. Sur ce plan aussi, le modèle global s'avère, au contraire, peu prometteur dans la mesure où l'effort de pêche y est une entité théorique annuelle et hétérogène, regroupant les mortalités de tous les engins, sans qu'on puisse y intégrer les coûts d'opérations par engin.

Tenant compte de ces éléments, comment devrait évoluer la recherche sur l'albacore, pour permettre de juger clairement de l'état des stocks et de formuler des avis pertinents en matière d'aménagement des pêcheries ? Si l'on analyse les choix faits par le passé en matière de recherche sur l'albacore, ceux-ci prêtaient de fait peu à des choix.

Les pionniers de la recherche sur l'albacore (1959-1969) ont tout naturellement réalisé les observations biologiques et biométriques de base sur un plan local, tout en mettant en place des systèmes plus ou moins isolés de statistiques de pêche. Les chercheurs japonais du Far Seas Research Laboratory et les chercheurs du Laboratoire de l'ORSTOM de Pointe Noire et Dakar ont durant cette phase joué un rôle majeur par le volume et la qualité des données statistiques et biologiques, recueillies et traitées. La décennie suivante, 1970-1980, est dominée par le rôle actif du comité permanent pour la recherche et les statistiques (SCRS) de l'ICCAT et l'orientation des travaux vers la dynamique des populations.

Cet organe a ainsi considérablement développé, en les coordonnant à un niveau international, tous les efforts accomplis en matière de recherche et de statistiques. Cette observation s'applique particulièrement à l'albacore, espèce qui a toujours occupé une place privilégiée dans les travaux du SCRS.

Comme dans la période "historique" de la recherche, les progrès ont été obtenus à partir de choix scientifiques "traditionnels", ceux-ci ont fait l'objet de peu de discussions : développement des statistiques et des échantillonnages biologiques, mise en place d'une base de données au niveau atlantique, développement de campagnes de marquages, suivi systématique de l'état des stocks par l'emploi du modèle global et de modèles analytiques.

Les préoccupations en matière de gestion de la ressource devenant toutefois de plus en plus pressantes, cette approche s'avère désormais insuffisante pour répondre aux questions posées,

En particulier, il devient désormais nécessaire de proposer des stratégies d'aménagement réalistes, c'est à dire qui soient applicables et dont les scientifiques sont en mesure de prévoir les conséquences avec un faible taux d'erreur.

La recherche socio-économique sur les pêcheries thonières devrait, de toute évidence, se développer rapidement. Ses résultats devront au fur et à mesure être intégrés dans les modèles biologiques.

On s'oriente ainsi rapidement vers des mesures autres que la limite de taille à la première capture à 3.2 kg adoptée depuis 1973, telles que des interdictions d'engins saisonnières et géographiques. Si le modèle proposé paraît adapté conceptuellement pour répondre à ce genre de question, la fiabilité de ses projections reste à vérifier. Quatre sources d'erreurs peuvent conduire à des projections erronées :

(1) erreurs dans les paramètres (calculés ou estimés) du modèle,

(2) emploi d'un concept de modélisation inadapté à bien décrire la pêcherie réelle et l'exploitation des stocks,

(3) occurrence d'un phénomène biologique imprévisible avec les connaissances actuelles, par exemple séquences de forts ou faibles recrutements ,

(4) adaptation du comportement du pêcheur aux contraintes nouvelles qui seront imposées par toute réglementation du système de pêche. Cette adaptation du pêcheur peut très bien le conduire à modifier les paramètres de base du modèle (tel que les vecteurs mortalités par pêche, par âge, engin et secteur) ou les hypothèses de travail nécessaires aux projections (effort qui sera exercé par engin et par zone).

Parmi ces quatre sources d'erreurs, seules les deux premières pourront potentiellement être réduites grâce aux progrès de la recherche, mais à quel prix et dans quelle mesure ?

Il est probable que l'effort scientifique orienté actuellement sur l'albacore au niveau de l'Atlantique ne sera pas sensiblement accru dans les décennies à venir, à moins d'une action programmée. La plupart des activités de recherche de routine, telles que statistiques et échantillonnages ne peuvent en aucun cas régresser et devraient même se développer dans les pays où celles-ci demeurent notoirement insuffisantes. Ces activités, collecte et traitement de routine, accaparent une part importante de l'effort de recherche actuel. Les progrès futurs de la connaissance qui viennent d'être esquissés ne pourront, en fait, provenir que d'un accroissement sérieux de l'effort de recherche. Il est certain que l'année internationale du listao mise en oeuvre en 1981 apportera aux études sur l'albacore une masse importante de données nouvelles. Quand les informations ainsi acquises auront été "assimilées", les progrès ultérieurs de la recherche sur l'albacore ne pourront résulter que d'un programme de recherches intensives, international et limité dans le temps, comme l'a été en 1981 le programme listao.

Seul, en effet, un tel programme pourra faire passer la recherche actuelle sur l'albacore vers un niveau supérieur de connaissance, connaissance qui est probablement indispensable pour gérer rationnellement l'albacore de l'Atlantique.

Bien entendu, un tel programme "albacore" aurait des objectifs différents de celui de l'année listao : il s'agissait pour le listao, à partir d'une méconnaissance totale de l'espèce, de déterminer si la population de l'Atlantique était susceptible de produire une prise maximale équilibrée supérieure à la prise actuelle. Pour l'albacore, il s'agirait à partir d'une connaissance de base solide, de mieux déterminer les paramètres pour lesquels demeurent des incertitudes.

C'est à ce prix seulement, sans doute, que les modèles fins de gestion des ressources d'albacores, pourront devenir opérationnels.

B I B L I O G R A P H I E

- ABRAMSON (N.J.), 1963.- A method for computing estimates and variance of relative fishing powers of californian albacore vessels.
F.A.O. Fisheries reports, n° 6, vol. 3 : 1209-1215.
- ABRAMSON (N.J.), 1971.- Computer programmes for fish stock assessment.F.A.O.
Fish. Biol. Techn. Pap. n° 101 : 4 p. + unpag.
- ALBARET (J.J.), 1976.- La reproduction de l'albacore (Thunnus albacares, Bonnaterre 1788) dans le golfe de Guinée.
Thèse 3ème cycle, Univ. Paris VII, nov. 1976.
- ALBARET (J.J.), 1977.- La reproduction de l'albacore (Thunnus albacares) dans le golfe de Guinée.
Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr., vol. XV, n° 4 : 389-419.
- ALLEN (K.R.), 1973.- The influence of random fluctuations in the stock recruitment relation on the economic return from salmon fisheries.
Cons. int. explor. Mer., rapp. 164 : 351-359.
- ALLEN (R.), 1977.- Standardization of yellowfin purse seine catch rates. Lake Arrowhad 1977 tuna Conference ; unpublished.
- ALVERSON (F.G.), 1963.- The food of yellowfin and skipjack tunas in the eastern tropical Pacific ocean.
Inter-Amer. trop. tuna Comm. Bull. vol., n° 5 : 295-367.
- ANONYME 1971.- Les mensurations d'albacores (Thunnus albacares) et de listao (Katsuwonus pelamis) faites à Dakar, Abidjan et Pointe Noire entre 1965 et 1970.
Doc. Sci. Cent. O.R.S.T.O.M. Pointe Noire, Nouv. sér., n° 11 : 1-58.
- BAGES (M.) et FONTENEAU (A.), 1979.- Prises de la flottille thonière franco-ivoiro-sénégalaise et températures de surface en 1977.
Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T., vol. 9 (1) : 180-198.
- BAKUN (A.), 1978.- Guinea current upwelling. Nature
Vol. 271, n° 5641 : 147-150.

- BANE (C.W.) jr, 1963.- The biology of the yellowfin tuna, Thunnus albacares (Bonnaterre) in the Gulf of Guinea. Ph. D. Zoology, Cornell Univ. Doct. diss., 415 p.
- BARRET (I.), 1964.- Body temperature of yellowfin and skipjack tunas in relation to sea surface temperatures.
- BARTOO (M.W.) and COAN (A.L.), 1978.- Changes in yield per recruit of yellowfin tuna (Thunnus albacares) under the I.C.C.A.T. minimum size regulation. Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T., vol. 8, n° 1 : 120-139.
- BAUDIN LAURENCIN (F.G.), 1967.- La pêche de l'albacore dans la région nord équatoriale du Golfe de Guinée entre Monrovia et le Cap Formose. Doc. Scient. prov. n° 15 C.R.O. Abidjan : 1.23.
- BAUDIN LAURENCIN (F.G.) et MARCHAL (E.), 1968.- Contribution à l'étude biométrique de l'albacore (Thunnus albacares) du Golfe de Guinée. Doc. Scient. prov. C.R.O. Abidjan n° 24 ; 22 p.
- BAUDIN LAURENCIN (F.) et REBERT (J.P.), 1969.- Août, septembre, une nouvelle saison thonière dans le secteur ivoirien. Doc. Scient. prov. Centre Rech. Océanogr. Abidjan n° 39 : 7 p.
- BAUDIN LAURENCIN (F.) et REBERT (J.P.), 1970.- La pêche thonière à Abidjan de 1966 à 1969. Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan - vol. 1, n° 1 : 37-61.
- BAUDIN LAURENCIN (F.), 1971.- Crustacés et helminthes parasites de l'albacore (Thunnus albacares) du Golfe de Guinée. Note préliminaire. Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan vol. 2 : 11-30.
- BAUDIN LAURENCIN (F.), 1973.- Mise en évidence chez l'albacore de l'Atlantique de groupements spatio-temporels à partir des chiffres d'infestations parasitaires. Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T. vol. 2 : 49-56.
- BAYLIFF (W.H.), 1971.- Estimates of the rates of mortality of yellowfin tuna in the eastern Pacific ocean derived from tagging experiments. Bull. Inter. - Amer. Trop. Tuna Comm. Vol. 15, n° 4 : 381-418.
- BAYLIFF (W.H.), 1973.- Observations of the growth of yellowfin tuna in the eastern Pacific ocean derived from tagging experiments. Inter. Amer. Trop. Tuna Com. Internal rep. n° 7 ; 26 p.

- BAYLIFF (W.H.) and MOBRAND (L.M.), 1972.- Estimates of the rates of shedding of dart tags from yellowfin tunas.
Inter. Amer. Trop. Tuna Com. Bull. 15 (5) : 441-461.
- BAYLIFF (W.H.) and ROTHSCHILD (B.J.), 1974.- Migrations of yellowfin tuna tagged of the southern coast of Mexico in 1960 and 1969.
Inter-Am. Trop. Tuna com. Bull. 16 (1) : 1-64.
- BAYLIFF (W.H.), 1979.- Migrations of yellowfin tuna in the eastern Pacific ocean as determined from tagging experiments initiated during 1968-1974.
Bull. Inter. - Amer - Trop. Tuna Com. Vol. 17, n° 6 : 447-494.
- BEARDSLEY (G.L.), 1969.- Distribution and apparent relative abundance of yellowfin tuna (Thunnus albacares) in relation to oceanographic features.
Bull. Mar. Sci., vol. 19 (1) : 48-56.
- BEDDINGTON (J.R.) and MAY (R.M.), 1977.- Harvesting natural populations in a randomly fluctuating environment.
Science 197 : 463-465.
- BELLON (L.), 1954.- Rapport préliminaire sur le Neothunnus albacora (Lowe).
Publ. spec. Inst. Esp. Ocean., Madrid.
- BERRIT (G.R.), 1961-1962.- Contribution à la connaissance des variations saisonnières dans le Golfe de Guinée.
Cah. Oc. Paris, vol. 13, n° 10, 1961 ; vol. 14, n° 9 et 10 (1962).
- BERRIT (G.R.), 1969.- Les eaux dessalées du Golfe de Guinée. Actes du symposium sur l'océanographie et les ressources halieutiques de l'Atlantique tropical (Abidjan 1966).
U.N.E.S.C.O. : 13-22.
- BEVERTON (R.J.H.) and HOLT (S.J.), 1956.- A review of methods for estimating mortality rates in exploited fish populations, with special reference to sources of bias in catch sampling.
Rapp. P.V. Réunions Cons. Perm. Int. Explor. Mer. n° 140 : 67-83.
- BEVERTON (R.J.H.) and HOLT (S.J.), 1957.- On the dynamics of exploited fish populations.
Min. Agr. Fish. and Food (U.K.). Fish. Investig. Ser. 2, vol. 19, 533 p.

- BLACKBURN (M.), 1970.- Conditions related to upwelling which determine distribution of tropical tunas off western Baja California.
Fish. Bull. (U.S.) 68 (1) : 147-176.
- BLACKBURN (M.), 1965.- Oceanography and the ecology of tunas.
Oceanogr. Mar. Biol., Ann. Rev. n° 3 : 299-322.
- BROADHEAD (G.C.), 1957.- Changes in the size structure of the yellowfin tuna population of the tropical eastern Pacific ocean from 1947 to 1955.
Inter. - Amer. Trop. Tuna Com., Bull. Vol. 2 ; n° 1.
- BROADHEAD (G.C.), 1959.- Morphometric comparisons among yellowfin tuna, Neothunnus macropterus, from the eastern tropical Pacific ocean.
Inter - Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 3, n° 8 : 355-391.
- BROADHEAD (G.C.) and ORANGE (C.J.), 1960.- Species and size relationships within schools of yellowfin and skipjack tuna, as indicated by catches in the eastern tropical Pacific ocean.
Inter - Amer. Trop. Tuna Comm. Bull. 4 : 447-492.
- BROADHEAD (G.C.), 1962.- Recent changes in the efficiency of vessels fishing for yellowfin tuna in the eastern Pacific ocean.
Bull. Inter. - Amer. Trop. Tuna Comm. Vol. 6, n° 7 : 281-332.
- BROADHEAD (G.C.) and BARRETT (I.), 1964.- Some factors affecting the distribution and apparent abundance of yellowfin and skipjack tuna in the eastern tropical Pacific Ocean.
Inter. Amer. Trop. Tuna Comm. Bull., 8 (8) : 419-473.
- CALKINS (T.P.), 1961.- Measures of population density and concentration of fishing effort for yellowfin and skipjack tunas in the eastern tropical Pacific ocean 1951-1959.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull. 6 (3) : 69-152.
- CALKINS (T.P.), 1963.- An examination of fluctuations in the concentration index of purse seiners and baitboats in the fishery for tropical tunas in the eastern Pacific, 1951-1961.
Inter. Amer. Trop. Tuna Comm., Bull. 8 (5) : 255-316.
- CALKINS (T.P.), 1965.- Variation in size of yellowfin tunas (Thunnus albacares) within individual purse seine sets.
Inter - Am. Trop. Tuna Comm. Bull. 10 : 461-524.

CALKINS (T.P.) and CHATWIN (B.M.), 1967.- Geographical distribution of yellow fin and skipjack catches in the eastern Pacific ocean, by quarters of the year 1963-1966.

Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull. 12 (6) : 438-508.

CALKINS (T.P.) and CHATWIN (B.M.), 1971.- Geographical catch distribution of yellowfin and skipjack tuna in the eastern Pacific ocean, 1967-1970, and fleet and total catch statistics 1962-1970.

Inter. Amer. Trop. tuna comm. Bull. vol. 15, n° 3.

CAMPOS ROSADO (J.M.), 1971.- Long term changes in abundance of yellowfin and skipjack of the coast of Angola.

J. Cons. Int. Explor. Mer. Vol. 34, n° 1 : 65-75.

CAMPOS ROSADO (J.M.), 1971.- Um estudo sobre a pescaria de albacora e de gaiado com isco vivo em Angola.

Publ. Mimes. M.E. Bioceanol. pescos, Angola, 3 (ser. biol. pop. n° 1) : 61 p.

CAMPOS ROSADO (J.M.), 1973.- The catch and effort of the angolan baitboat tuna fishery and its influence in reducing the supporting yellowfin population.

I.C.E.S., journal du conseil, vol. 35, n° 1 : 52-60.

CAVERIVIERE (A.) et FONTENEAU (A.), 1974.- Evaluation des variations de recrutement dans la pêcherie d'albacores du golfe de Guinée de 1969 à 1973.

Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T. Vol. 3 : 180-186.

CAVERIVIERE (A.), 1975.- Longueur prédorsale, longueur à la fourche et poids des albacores (Thunnus albacares) de l'Atlantique.

Cah. O.R.S.T.O.M., ser. Océanogr., vol. XIV, n° 3 : 201-208.

CAVERIVIERE (A.), CONAND (F.) et SUISSE DE SAINTE CLAIRE (E.), 1976.- Distribution et abondance des larves de thonidés dans l'Atlantique tropico-oriental. Etude des données de 1963 à 1974.

Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan. Vol. 7 (2) : 49-70.

CAVERIVIERE (A.) et SUISSE DE SAINTE CLAIRE (E.).- Recherches des larves de thonidés dans l'Atlantique tropical oriental. Campagnes effectuées en 1976-1977 par le N.O. Capricorne. Sous presse dans

Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan.

- CAYRE (P.), LE HIR (Y.) et PLANET (R.), 1974.- Marquages et migrations des albacores dans la région de Pointe Noire.
Doc. Centre O.R.S.T.O.M. Pointe Noire, Nouv. série n° 37 ; 17 p.
- CHAMPAGNAT (C.), 1968.- Les campagnes thonières de "pêche fraîche" à Dakar de 1955 à 1967. O.R.S.T.O.M. Dakar-Thiaroye.
Doc. Scient. prov. n° 15 ; 53 p. multigr.
- CHAMPAGNAT (C.) et LHOMME (F.), 1970.- La pêche thonière à Dakar de 1966 à 1969.
Centre de recherches océanographiques de Dakar-Thiaroye.
Doc. Scient. Prov. n° 27 ; 24 p.
- CHAMPAGNAT (C.), 1975.- Structure de la population d'albacores de l'Atlantique tropical oriental.
Doc. I.C.C.A.T. SCRS/75/101.
- CHAPMAN (D.G.), FINK (B.D.) and BENNETT (E.B.), 1965.- A method for estimating the rate of shedding of tags from yellowfin tuna. Inter-Amer. trop. tuna Comm. Bull. Vol. 10, n° 5 : 333-352.
- CHATWIN (B.M.), 1959.- The relationship between length and weight of yellowfin tuna (Neothunnus macropterus) and skipjack tuna (Katsuwonus pelamis) from the eastern tropical Pacific Ocean. Inter. Am. Trop. Tuna Comm. Bull. 3 : 305-352.
- CLARK (C.W.), 1974.- Possible effects of schooling on the dynamics of exploited fish populations.
J. Cons. Int. Explor. Mer., 36 : 7-14.
- CLARK (C.W.) and MANGEL (M.), 1979.- Aggregation and fishery dynamics : a theoretical study of schooling and the purse seine tuna fisheries.
Fishery Bulletin Vol. 77 n° 2 : 317-337.
- CLARK (M.E.), BLASING (T.J.) and FRITTS (H.C.), 1975.- Influence of interannual climatic fluctuations on biological systems.
Nature G.B., vol. 256, n° 5515 : 302-305.
- COAN (A.L.) and FOX (W.W.), 1976.- A production model analysis of the status of yellowfin tuna in the Atlantic ocean.
Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T., vol. 6, n° 1 : 124-131.

- COAN (A.L.) and FOX (W.W.), 1978.- A production model analysis of yellowfin (Thunnus albacares) stocks in the Atlantic ocean, 1964-1977.
Rec. Doc. Scient I.C.C.A.T. vol. 8, n° 1 : 182-188.
- COLEBROOK (J.M.), 1972.- Changes in the distribution and abundance of plankton in the north sea.
1948-1969. Symp. Zool. Soc. Lond. 29 : 203-212.
- COLLIGNON (J.) et LEGAND (M.), 1956.- La pêche du thon tropical à bord d'un tuna clipper.
Rapport de stage, ORSTOM, Paris, miméogr., 20 p.
- CORCORAN (E.F.) and MAHNKEN (C.V.W.), 1969.- Productivity of the tropical Atlantic ocean. Actes du symposium sur l'océanographie et les ressources halieutiques de l'Atlantique oriental.
(Abidjan 1966) : 57-68.
- CSIRKE (J.), 1980.- Recruitment in the peruvian anchovy and its dependance on the adult population.
Rapp. P.V. Réun. Cons. Int. Explor. Mer, 177 : 307-313 1980.
- CUSHING (O.M.) and HARRIS (J.C.K.), 1973.- Stock and recruitment and the problem of density dependance.
Rapp. Procès Verb. Cons. Int. Explor. Mer., 164 : 142-155.
- CUSHING (D.H.), 1975.- The natural mortality of the plaice.
J. Cons. Int. Expl. Mer. 36 (2) : 144-149.
- CUSHING (D.H.), 1977.- The problems of stock and recruitment. In: Fish population dynamics J. GULLAND editor. John Wiley and sons : 116-133.
- COSTA (C.F.), 1960.- Sobre a pesca do atum em Cabo Verde. Notas mimeo.
Centro Biol. Piscat., Lisboa n° 7.
- DA COSTA (F.C.) e GIL (D.B.), 1965.- Ensaio da pesca de atum em Angola com rede de carcar para bordo.
Notas mimeo. Centro biol. piscat., Lisboa, n° 45.
- DA COSTA (F.C.), 1966.- Albacora. Uma pesca a expandir.
Rev. Pesca e Naveg. de Angola, Luanda n° 2.
- DA FRANCA (M.L.P.), 1959.- Contribuição para o conhecimento da maturação sexual dos atuns de Angola.
Notas mimeo. Centro de biologia piscatoria, Lisboa n° 3 : 1-15.

- DAVIDOFF (E.B.), 1963.- Size and year class composition of catch, age and growth of yellowfin tuna in the eastern Pacific ocean 1951-1961.
Inter-Am. Trop. Tuna. Comm. Bull. 8 : 199-251.
- DAVIDOFF (E.B.), 1965.- Estimation of year class abundance and mortality of yellowfin tuna in the eastern tropical Pacific.
Bull. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. 10 (6) : 355-391.
- DAVIDOFF (E.B.), 1969.- Variation in year class strength and estimates of the catchability coefficient of yellowfin tuna *Thunnus albacares*, in the eastern Pacific ocean.
Bull. Inter. Amer. Trop. Tuna Comm. 14 : 1-44.
- DIAZ (E.L.), 1963.- An increment technique for estimating growth parameters of tropical tunas, as applied to yellowfin tuna (*Thunnus albacares*).
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull. 8 (7) : 383-416.
- DRAGOVICH (A.), 1969.- Review of studies of tuna food in the Atlantic ocean.
U.S. Fish. Wildl. Serv., Spec. Sci. Rep. Fish. 593 : 21 p.
- DRAGOVICH (A.), 1971.- The food of skipjack and yellowfin tunas in the atlantic ocean.
Fishery Bull. (U.S.) Vol. 68, n° 3, ; 445-460.
- EVANS (R.H.), 1976.- Remote sensing : with applications to the exploitation and management of Atlantic tuna stocks.
Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T., vol. 6, n° 1 : 31-49.
- FERNANDEZ (A.M.) et GARCIA MAMOLAR (J.M.), 1979.- Pesqueria espanola de cerco de tunidos tropicales. Comentarios sobre su evolucion en el periodo 1967-1979.
Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T. vol. 9, n° 1 : 40-45.
- FINK (B.D.), 1965.- Estimations from tagging experiments of mortality rates and other parameters respecting yellowfin and skipjack tuna.
Inter-Amer. trop. tuna comm. Bull. vol. 10, n° 1 : 3-82.
- FINK (B.D.) and BAYLIFF (W.H.), 1970.- Migrations of yellowfin and skipjack tuna in the eastern Pacific ocean as determined by tagging experiments 1952-1964.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull. 15 (1) : 1-227.

- FISCUS (C.H.), WARNER(R.R.), FERRIN (W.F.) and HOLTS (D.B.), 1973.- Stomach contents of porpoise, Stenella sp., and yellowfin tuna, Thunnus albacares, in mixed species aggregations Fish. Bull. U.S., 71 (4) : 1077-1092.
- FONTANA (A.) et FONTENEAU (A.), 1977.- Note sur les indices gonadosomatiques des albacores (Thunnus albacares) capturés à la senne et à la palangre.
Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T., vol. 7 (1) : 67-72.
- FONTENEAU (A.), CAVERIVIERE (A.), 1973.- Application des modèles de Schaefer et dérivés aux populations d'albacores (Thunnus albacares) de l'Atlantique.
Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T. vol. 2 : 94-110.
- FONTENEAU (A.), 1974.- Simulations stochastiques des structures démographiques. Application aux populations d'albacores (Thunnus albacares).
Doc. Scient. Centre Recherches Océanogr. Abidjan n° 5 (3-4) : 53-62.
- FONTENEAU (A.) et CAVERIVIERE (A.), 1974.- Efficacité de pêche comparée et évolution de l'effort des thoniers de la flottille franco-ivoiro-sénégalaise sur les différentes tailles d'albacore de l'Atlantique.
Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T., vol. 2 : 25-34.
- FONTENEAU (A.) and LENARZ (W.H.), 1974.- Cohort analysis of the eastern Atlantic fishery for yellowfin tuna.
Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T., vol. II : 57-77.
- FONTENEAU (A.) et SOISSON (P.), 1974.- Effort et prise par unité d'effort dans la flottille franco-ivoiro-sénégalaise.
Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr., vol. 13, n° 2 : 145-161.
- FONTENEAU (A.), 1975.- L'exploitation rationnelle des stocks et les techniques de simulation. Exemple de la pêcherie intertropicale d'albacores (Thunnus albacares).
La pêche maritime, n° 1167 : 425-430.
- FONTENEAU (A.), 1975.- Note sur les problèmes d'identification du patudo dans les statistiques de pêche.
Rec. Doc. scient. I.C.C.A.T., vol. 5, n° 1 : 168-171.

- FONTENEAU (A.), 1975.- Programme de simulation de la pêche d'albacores (Thunnus albacares) de l'Atlantique.
Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr., vol. XIII, n° 1 : 79-97.
- FONTENEAU (A.) et AMON (J.B.), 1975.- Echantillonnage de l'albacore atlantique (Thunnus albacares).
Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr., vol. 13, n° 2 : 133-143.
- FONTENEAU (A.) and FRANCIS (R.), 1975.- Sensitivity analysis of the yellowfin tuna population fishery models of the eastern Atlantic and eastern Pacific to errors in certain basic parameters.
Doc. I.C.C.A.T. SCRS/75/38.
- FONTENEAU (A.) et PLANET (R.), 1976.- Analyse de la situation de la pêche d'albacore de l'Atlantique de l'est.
Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr., vol. 14, n° 2 : 129-138.
- FONTENEAU (A.), 1977.- Pour une exploitation rationnelle des stocks de thonidés tropicaux.
France pêche, n° 225 : 40-42.
- FONTENEAU (A.) et CHAMPAGNAT (C.), 1977.- Vers une politique des pêches.
Eléments pour un aménagement rationnel des ressources maritimes vivantes.
La pêche maritime, n° 1188 : 155-159.
- FONTENEAU (A.) et MARCILLE (J.), 1977.- Analyse de l'état des stocks d'albacores (Thunnus albacares) de l'Atlantique au 30 septembre 1977.
Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T., vol. 7, n° 1 : 55-66.
- FONTENEAU (A.), 1978.- Analyse de l'effort de pêche des thoniers senneurs franco-ivoiro-sénégalais.
Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr., vol. 16, n° 3-4 : 285-307.
- FONTENEAU (A.), LEVENEZ (J.J.), et MARCILLE (J.), 1978.- Etude de l'état des stocks d'albacores (Thunnus albacares) au 31 décembre 1977.
Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T., vol. 8, n° 1 : 163-181.
- FONTENEAU (A.), 1979.- Croissance de l'albacore (Thunnus albacares) de l'Atlantique est.
Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T., vol. 9, n° 1 : 152 p.

- FONTENEAU (A.) et CAYRE (P.), 1979.- Analyse de l'état des stocks d'albacore (Thunnus albacares) et de listao (Katsuwonus pelamis) de l'Atlantique est au 30 septembre 1979.
Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T., vol. 9, n° 1 : 230-244.
- FOX (W.W.) Jr., 1970.- An exponential surplus yield model for optimizing exploited fish populations.
Trans. Amer. Fish. Soc. 99 : 80-88.
- FOX (W.W.) Jr. 1971.- Random variability and parameter estimation for the generalized production model.
Fish. Bull. U.S. 69. : 569-580.
- FOX (W.W.) Jr., 1972.- Dynamics of exploited pandalid shrimp and an evaluation of management models.
Ph. D. Thesis, Univ. Washington, Seattle, 223 p.
- FOX (W.W.) Jr. and LENARZ (W.H.), 1973.- An examination of the basis for a catch quota regulation on Atlantic yellowfin tuna.
Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T., vol. 1 : 181-219.
- FOX (W.W.) Jr. and LENARZ (W.H.), 1973.- A production model analysis of the status of Atlantic yellowfin tuna.
Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T., vol. 2 : 78-93.
- FOX (W.W.) Jr., 1975.- Fitting the generalized stock production model by least squares and equilibrium approximation.
Fish. Bull. US. vol. 73 (1) : 23)36.
- FOX (W.W.) Jr., 1973.- General life history exploited population simulator with pandalid shrimp as an exemple.
Fish. Bull. U.S. vol. 71 (4).
- FOX (W.W.) et COAN (A.L.), 1977.- A production model analysis of Atlantic yellowfin tuna (Thunnus albacares) 1964-76.
Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T., vol. 7, n° 1 : 73-81.
- FRANCIS (R.C.), 1974.- Tunpop, a computer simulation model of the yellowfin tuna population and surface tuna fishery in the eastern Pacific ocean.
Bull. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. 16 (3) : 235-279.

- FRANCIS (R.C.), 1974.- Effects of fishing modes on estimates of fishing power, relative abundance and surplus production in the eastern Pacific yellowfin fishery.
Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T., vol. 3 : 190-193.
- FRANCIS (R.C.), 1977.- Tunpop : a simulation of the dynamics and structure of the yellowfin tuna stock and surface fishery of the eastern Pacific ocean.
Inter-Amer. trop. tuna comm. Bull. vol. 17, n° 4 : 215-245.
- FUJINO (K.), 1970.- Immunological and biochemical genetics of tunas.
Trans. Amer. Fish. Soc., vol. 99, n° 1 : 152-178.
- GALLARDO (Y.) et LE GUEN (J.C.), 1968.- Caractères hydrologiques des régions frontales d'Angola et du Gabon favorables à l'albacore.
Doc. Centre O.R.S.T.O.M. Pointe-Noire, n° 410 ; 17 p.
- GARCIA (S.) et ALBARET (J.J.), 1977.- 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 : 83-87.
- GARROD (D.J.) and JONES (B.W.), 1974.- Stock and recruitment relationship in the northeast arctic cod stock, and implications for management of the stock.
J. Cons. Int. Explor. Mer, 36 : 35-41.
- GERLOTTO (F.), 1975.- Note sur les biomasses pélagiques évaluées par écho-intégration dans la zone équatoriale du Golfe de Guinée : premiers résultats.
Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan vol. 6, n° 2 : 119-138.
- GHEHO (Y.), 1966.- La pêche maritime en Angola.
La pêche maritime, n° 1062 : 635-640.
- GIBBS (R.H.) and COLLETTE (R.B.), 1967.- Comparative anatomy and systematics of the tunas, genus Thunnus.
U.S. Fish. Wildl. Serv., Fish. Bull. 6 (1) : 65-13.

- GODSIL (H.C.) and GREENHOOD (E.C.), 1951.- A comparison of the populations of yellowfin tuna, Neothunnus macropterus, from the eastern and central Pacific.
Calif. Div. Fish and Game, Fish. Bull. n° 82 : 33 p.
- GRAHAM (J.B.), 1975.- Heat exchange in the yellowfin tuna, Thunnus albacares, and skipjack tuna, Katsuwonus pelamis, and the adaptative significance of elevated body temperatures in scombrid fishes.
Fish. Bull. U.S. 73 (2) : 219-229.
- GREENBLATT (P.R.), 1976.- Factors affecting tuna purse seine fishing effort .
Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T., vol. VI n° 1 : 18-30.
- GRIFFITHS (R.C.), 1960.- A study of measures of population density and of concentration of fishing effort in the fishery for yellowfin tuna, Neothunnus macropterus , in the eastern tropical Pacific, from 1951 to 1956.
Inter - amer. Trop. Tuna Comm., Bull. 4 (3) : 39-136.
- GULLAND (J.A.), 1955.- Estimation of growth and mortality in commercial fish populations.
Fish. Invest. Minist. Agric. Fish. (G.B.) Ser. II , 18 (9) ; 46 p.
- GULLAND (J.A.), 1956.- A study of fish populations by the analysis of commercial catches.
Rapp. Proc. verb., Conseil int. Explor. Mer, vol. 140, n° 1, cont. n° 2 : 21-29.
- GULLAND (J.A.), 1956.- On the fishing effort in english demersal fisheries.
Fish. Investi., London, ser. 2, 20 (5) : 41 p.
- GULLAND (J.A.), 1961.- The estimation of the effect on catches of changes in gear selectivity.
Journal du Conseil n° 26 (2) : 204-214.
- GULLAND (J.A.), 1964.- Catch per unit effort as a measure of abundance.
Rapp. Verb., Conseil. Int. Explor. Mer, vol. 155 : 8-14.
- GULLAND (J.A.), 1969.- Manual of methods for fish stock assessment. Part 1
Fish population analysis.
F.A.O. Man. Fish. Sci. 4 ; 154 p.

- GULLAND (J.A.) ed., 1977.- Fish population dynamics.
Wiley and sons. London. N.Y. Sydney Toronto. 372 p.
- GULLAND (J.A.), 1970.- The fish resources of the ocean .
F.A.O. Fish. Techn. pap. 97 : 425 p.
- GULLAND (J.A.), 1977.- The stability of fish stocks.
J. Cons. Int. Explor. Mer, 37 (3) : 199-204.
- HAMURO (C.), 1963.- Measurement of the shape of the tuna longline and an analysis of its efficiency.
F.A.O. Fish. Rep., paper presented to the world scientific meeting on the biology of tunas and related species, La Jolla California, July 1962. (6), vol. 3 : 1133-1142.
- HARRIS (J.G.K.), 1975.- The effect of density dependant mortality on the shape of the stock and recruitment curve.
J. Cons. Int. Explor. Mer. 36 (2) : 144-149.
- HASSELBLAD (V.), 1966.- Estimation of parameters for a mixture of normal distributions.
Technometrics, vol. 8, n° 3 : 431-444.
- HAYASI (S.) and HONMA (M.), 1969.- A note on the yellowfin stocks in the atlantic ocean, based on catch statistics of the japanese longline fishery taken during 1956 through 1964.
Bull. Far Seas Fish. Res. Lab., vol. 2 : 65-83.
- HAYASI (S.) and KIKAWA (S.), 1970.- A comparative study on efficiency of the longline and purse seine fisheries for exploitation of tuna species.
Far Seas Fish. Res. Lab., S. Ser., (3) : 97-114.
- HAYASI (S.) and HONMA (M.) 1971.- Assessment of yellowfin tuna stock in the Atlantic ocean 1956-1967.
Bull. Far Seas fish. Res. Lab., vol. 4 : 71-92.
- HAYASI (S.), 1972.- Biological views for conservation of yellowfin tuna in the Atlantic ocean based on information obtained up to october 1972.
Rec. doc. Scient. I.C.C.A.T. vol. (1) : 83-100.

- HAYASI (S.), HONMA (M.) and SUZUKI (Z.), 1972.- A comment to rational utilization of yellowfin tuna and albacore stocks in Atlantic ocean.
Bull. For Seas Fish. Res. Lab., vol. 7 : 71-112.
- HAYASI (S.), 1973.- A hypothesis on population structure of yellowfin tuna in the Atlantic ocean, mainly based on longline data.
Doc. I.C.C.A.T. - SCRS/73/17.
- HAYASI(S.), 1973.- Possible regulatory measures of yellowfin tuna fisheries in the Atlantic ocean, based on information up to August 1973.
Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T., vol. 2 : 111-115.
- HAYASI (S.), 1974.- Stock recruitment relation in tuna populations.
Rec. doc. scient. I.C.C.A.T. vol. 3 : 51-60.
- HENNEMUTH (R.C.), 1957.- An analysis of methods of sampling to determine the size composition of commercial landings of yellowfin tuna (Neothunnus macropterus) and skipjack (Katsuwonus pelamis).
Inter - Amer. Trop. Tuna Comm. Bull. 2 (5) : 271-244.
- HENNEMUTH (R.C.), 1961.- Year class abundance, mortality and yield per recruit of yellowfin tuna in the eastern Pacific ocean 1954-1959.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull. 6 : 1-51.
- HENNEMUTH (R.C.), 1961.- Size and year class composition of catch, age, and growth of yellowfin tuna in the eastern tropical Pacific ocean for the years 1954-1958.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull. 5 (1) : 1-112.
- HERBLAND (A.) et STRETTA (J.M.), 1973.- Zooplancton et micronecton dans la région du dôme d'Angola en février-mars 1971 et relation avec les thons.
Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, vol. 6, n° 2 : 45-70.
- HERBLAND (A.) et VOITURIEZ (B.), 1977.- Etude de la production pélagique de la zone équatoriale de l'Atlantique 4° W.l. Relations entre la structure hydrologique et la production primaire.
Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr., vol. 15, n° 4 : 313-332.

- HIDA (T.S.), 1970.- Surface tuna schools located and fished in equatorial eastern Pacific.
Commercial fisheries review, 32 (4) : 34-37.
- 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., n° 8 : 35-69.
- HONMA (M.), HISADA (K.) and KANNO (S.), 1969.- Tuna fisheries with the use of pole and line and purse seine and their yellowfin stocks along the western coast of equatorial Africa.
Bull. Far Seas Fish. Res. Lab., n° 2 : 85-113.
- HONMA (M.) and HISADA (K.), 1971.- Structure of the yellowfin tuna population in the Atlantic ocean.
Far Seas Fish. Res. Lab. Bull. n° 4 : 93-124.
- HONMA (M.), 1973.- Calculation of yield per recruit and relative stock fecundity for fish populations with age dependent natural mortality.
Bull. Far. Seas Fish. Res. Lab., n° 9 : 177-199.
- HONMA (M.), WARASHINA (Y.) and SUSUKI (Z.), 1973.- Identification of young yellowfin and bigeye tunas in the western Pacific ocean. Examination of practical standards based on external characters and the reliability in field survey.
Bull. Far. Seas Res. Lab., n° 8 : 1-23.
- HONMA (M.), 1974.- Estimation of effective overall fishing intensity of tuna longline fishery. Yellowfin tuna in the Atlantic ocean as an exemple of seasonaly fluctuating stock.
Bull. Far Seas Res. Lab. (10) : 63-75.
- HONMA (M.), 1974.- Overall fishing intensity and catch by length class of yellowfin tuna in japanese Atlantic longline fishery, 1956-1971.
Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T., vol. 2 : 1-9.
- I.C.C.A.T. (An), 1972.- Rapport de la réunion du groupe de travail spécial sur l'évaluation des ressources d'albacore.
Abidjan 12-16 juin 1972 : 62 p.

- IDYLL (C.P.) and DE SILVA (D.P.), 1962.- Synopsis of biological data on yellowfin tuna Thunnus albacares (Bonnaterre 1788). (Western Atlantic). Proc. world Scient. Meet. Biol. Tuna and rel. spec., La Jolla, Calif., 1962. (F.A.O., Rome 1963), vol. 2 : 771-777.
- ILES (T.D.), 1977.- The tactics and strategy of growth in fishes. In Sea Fishery Research. Harden Jones ed., John Wiley and Sons. : 331-345.
- INOUE (M.), 1969.- Perspective on exploitation of fishing grounds for skipjack and young yellowfin tuna in the western tropical Pacific. Bull. Jap. Soc. Fish. Oceanogr. Spec. n°, 1969 : 235-242.
- ISHII (T.), 1967.- Studies on estimated parameters of a fish population supplied by sequential recruitment. I. The effects on estimates for Pacific tuna. Bull. Jap. Soc. Scient. Fish. vol. 33 n° 6 : 513-523.
- ISHII (T.), 1969.- Studies on estimating parameters of a fish population supplied by sequential recruitment. V. Simultaneous estimation of parameters with the transfer effect of Pacific yellowfin tuna. Japanese Society of scientific fisheries Bull., vol. 35, n° 6 : 537-545.
- JENSEN (A.L.), 1976.- Relation between yield and fishing mortality for Ricker's yield equation. J. Fish. Res. Board Can. 33 : 275-277.
- JONES (R.), 1959.- A method of analysis of some tagged haddock returns. Cons. Perm. Inter. Explor. Mer, Jour., 25 (1) : 58-72.
- JONES (R.), 1966.- Manual of methods for fish stock assessment, Part IV. F.A.O. Fish. Techn. Pap., 51, Suppl. 1.
- JONES (R.), 1973.- Stock and recruitment with special reference to cod and haddock. Rapp. procès verb. Cons. int. Explor. Mer. 164 : 156-173.
- JONES (D.D.) and WALTERS (C.J.), 1976.- Catastrophe theory and fisheries regulation. J. Fish. Res. Board Can. 33 : 2829-2833.
- JOSEPH (J.), ALVERSON (F.G.), FINK (B.D.) and DAVIDOFF (E.B.), 1964.- A review of the population structure of yellowfin tuna, Thunnus albacares, in the eastern Pacific ocean. Inter - Amer. Trop. Tuna Comm., Bull. 9 (2) : 54-112.

- JOSEPH (J.), 1964.- A review of the population structure of yellowfin tuna, Thunnus albacares, in the eastern Pacific ocean.
Inter-Amer. trop. tuna comm. Bull. vol. 9. n° 2 : 55-112.
- JOSEPH (J.) and CALKINS (T.P.), 1969.- Population dynamics of skipjack tuna (Katsuwonus pelamis) of the eastern Pacific ocean.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull. 13 (1) : 1-273.
- JOSEPH (J.), 1970.- Management of tropical tunas in the eastern Pacific ocean
Trans. Am. Fish. Soc. vol. 99 : 629-648.
- JOSEPH (J.) and GREENOUGH (J.W.), 1979.- International management of tuna, porpoise and billfish. Univ. of Washington Press. 253 p.
- KIKAWA (S.), 1966.- Spawning potential of bigeye and yellowfin tunas. Pacific science congress, Tokyo 1966. Vol. 5-7.
- KIKAWA (S.) and WARASHINA (I.), 1972.- The catch of the young yellowfin tuna by the skipjack pole and line fishery in the southern area of the western Pacific ocean.
Bull. For Seas Res. Lab. n° 6 : 39-49.
- KIKAWA (S.) and HONMA (M.), 1975.- Analysis on the sexual maturity of Pacific yellowfin tuna through gonad data sampled by local prefectural vessels of Japan.
Far Seas Fish. Res. Lab., Bull. 49 : 47-49.
- KIKAWA (S.) and NISHIKAWA (Y.) 1980.- Distribution of larvae of yellowfin tuna and skipjack in the Atlantic ocean (preliminary).
Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T., vol. 9 (1) : 138-142.
- KING (J.E.) and IKEHARA (I.I.), 1956.- Comparative study of food of bigeye and yellowfin tuna in the central Pacific waters. US Fish Wildl. Serv., Sci. Rep. Fish. 154 : 19 p.
- KLAWE (W.L.), 1963.- Observations on the spawning of four species of tuna (Neothunnus macropterus, Katsuwonus pelamis, Auxis thazard and Euthynnus lineatus), in the eastern Pacific Ocean based on the distribution of their larvae and juveniles.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull. 6 (9) : 449-514.

- KLAWÉ (W.L.), 1977.- What is a tuna ?
Marine Fisheries Review, vol., 39, n° 11 : 1-5.
- KNIGHT (W.), 1968.- Asymptotic growth : an exemple of nonsense disguised as mathematics.
J. Fish. Res. Board Con. 25 : 1303-1307.
- KNUDSEN (P.F.), 1977.- Spawning of yellowfin tuna and the discrimination of subpopulations.
Inter-Amer. trop. tuna comm. Bull. vol. 17, n° 2 : 117-169.
- KUME (S.), 1977.- Change in catch par unit of effort for skipjack and yellowfin tuna caught by japanese pole and line fishery in the gulf of Guinea, 1969-76.
Rec. doc. scient. I.C.C.A.T. vol. 7, n° 1 : 21-23.
- KWEI (E.) and MENSAH (M.), 1978.- The bigeye size regulation issue.
Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T., vol. 8 (1) : 212-229.
- LAEVASTU (T.) and ROSA (H.), 1969.- Distribution and relative abundance of tunas to their environment.
F.A.O. Fisheries Report n° 6, vol. 3 : 1835-1851.
- LAMOTTE (M.) et BOURLIERE (F.), 1971.- L'échantillonnage des peuplements animaux des milieux aquatiques.
Masson et Cie, éd. : 294 p.
- LARDEUX (F.), 1980 - Mise en évidence de stocks séparés d'albacores (Thunnus albacares) dans l'Atlantique tropical par l'étude des chiffres d'infestation parasitaire.
Rapport de stage, ENSAR RENNES, 154 p.
- LARKIN (P.A.), 1963.- Interspecific competition and exploitation.
J. Fish. Res. Bd Canada, 20 (3), 1963 : 647-678.
- LARKIN (P.A.), 1977.- An epitaph for the concept of maximum sustained yield.
Trans. Am. Fish. Soc. Vol. 106, n° 1 : 1-11.
- LASKER (R), 1978.- The relation between oceanographic conditions and larval anchovy food in the California current :
identification of factors contributing to recruitment failure.
Rapp. procès verb. Réunion. Cons. Inter. Explor. Mer 173 : 212-230.

- LAUREC (A) and LE GALL (J.Y), 1975.- Deseasonalizing of the abundance index of a species. Application to the albacore (Thunnus alalunga) monthly catch per unit of effort (c.p.u.e.) by the Atlantic longline fishery. Bull. Far. Seas Res. Lab. n° 12 : 145-169.
- LAUREC (A.), 1977.- Analyse et estimation des puissances de pêche. J. Cons. Int. Explor. Mer, 37 (2) : 173-185.
- LAUREC (A.) et LE GUEN (J.C.), 1977.- c.p.u.e. des senneurs et abondance. Impact des structures fines. Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T. vol. VII, n° 1 : 30-54.
- LAUREC (A.), 1979.- Analyse des données et modèles prévisionnels en écologie marine. Thèse Doct. Etat, Université d'Aix-Marseille, fév. 1979.
- LAUREC (A.), FONTENEAU (A.) et CHAMPAGNAT (C.), 1981.- Etude de la stabilité de modèles stochastiques autorégénérants. Symposium I.C.E.S. on the biological basis of pelagic fish stock management. Rapp. P.V. Réun. Cons. Int. Explor. Mer. Vol. 177 : 423-438.
- LAUREC (A.) et FONTENEAU (A.), 1979.- Estimation de l'abondance d'une classe d'âge. Utilisation des c.p.u.e. de plusieurs engins, en différentes zones et saisons. Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T., vol. 8, n° 1 : 79-100.
- LAURENT (A.G.), 1963.- Lognormal distribution and the translation method : description and estimation problem. J. Amer. Statist. Ass., 58 : 231-235.
- LE GALL (J.Y.), 1972.- La pêche au thon sur les côtes du Portugal, des Açores et de Madère. France Pêche, n° 170 : 34-35.
- LE GALL (J.Y.), 1974.- Cartographie mensuelle des données sur l'effort et les prises de la pêcherie palangrière thonière japonaise de l'océan Atlantique, 1956-1971. Rapp. Scient. Tech. C.N.E.X.O., n° 18 ; 158 p.

- LE GALL (J.Y.), LAUREC (A.) et CHARDY (P.), 1975.- Mise en évidence des relations phénotypiques et phylogénétiques à l'intérieur du genre Thunnus par une analyse multicritères.
Bull. du Muséum national d'histoire naturelle.
3ème série, n° 339, zoologie 241 p.
- LE GUEN (J.C.), POINSARD (F.) et TROADEC (J.P.), 1965.- La pêche de l'albacore (Neothunnus albacares Bonnaterre) dans la zone orientale de l'Atlantique oriental.
Doc. Centre ORSTOM Pointe-Noire, n° 263 : 27 p. multigr.
- LE GUEN (J.C.) et POINSARD (F.), 1966.- La pêche de l'albacore (Thunnus albacares) dans le sud du Golfe de Guinée. Résultats de la campagne 1965.
Doc. Centre ORSTOM Pointe-Noire, n° 331 : 20 p.
- LE GUEN (J.C.) et POINSARD (F.), 1966.- La pêche de l'albacore dans le sud du Golfe de Guinée.
La pêche maritime n° 1065 : 906-911.
- LE GUEN (J.C.) et WISE (J.P.), 1967.- Méthode nouvelle d'application du modèle de Schaeffer aux populations exploitées d'albacores (Thunnus albacares) dans l'Atlantique.
Cah. O.R.S.T.O.M. Sér. Océanogr., vol. 5 : 79-93.
- LE GUEN (J.C.) et CHAMPAGNAT (C.), 1968.- Croissance des albacores (Thunnus albacares) dans les régions de Pointe Noire et Dakar.
Doc. Centre ORSTOM Pointe-Noire n° 431, 24 p. multigr.
- LE GUEN (J.C.), 1968.- Etude du stock d'albacores (Thunnus albacares) exploité par les palangriers japonais dans l'Atlantique tropical américain de 1956 à 1963
Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr., vol. VII, n° 1 : 19-40.
- LE GUEN (J.C.), 1971.- Dynamique des populations de Pseudolithus elongatus.
Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr., vol. 9, n° 1 : 3-84.
- LE GUEN (J.C.), 1973.- Croissance des albacores (Thunnus albacares).
Doc. Scient. C.R.O. Abidjan, vol. IV, n° 3 : 1-28 ;
- LE GUEN (J.C.) and SAKAGAWA (G.T.), 1973.- Apparent growth of yellowfin tuna from the eastern Atlantic ocean. Fishery Bulletin :
vol. 71, n° 1 : 175-187.
- LE GUEN (J.C.) et PLANET (R.), 1975.- Equation de production. Adaptation du modèle de Ricker à un stock de poissons exploité par différents engins.
Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan vol. 6, n° 1 : 1-19.
- LENARZ (W.H.), 1971.- Yield per recruit of Atlantic yellowfin tuna for multigear fisheries.
Doc. I.C.C.A.T. SCRS/71/27 : 1-5.

- LENARZ (W.H.) and SAKAGAWA (G.T.), 1972.- A review of the yellowfin tuna fishery of the Atlantic ocean.
Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T., vol. 1 : 1-58.
- LENARZ (W.H.), 1975.- Length weight relationship for five atlantic scombrids.
Fish. Bull. (U.S.), vol. 72, n° 3 : 848-851.
- LENARZ (W.H.), FOX (W.W.), SAKAGAWA (G.T.) and ROTHSCHILD (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.) vol. 72 (1) : 37-61.
- LENARZ (W.H.) and SWEIFEL (J.R.), 1979.- A theoretical examination of some aspects of the interaction between longline and surface fisheries for yellowfin tuna, Thunnus albacares.
Fish. Bull. (U.S.) vol. 76 n° 4 : 807-825.
- LESLIE (P.H.), 1958.- A stochastic model for studying the properties of certain biological systems by numerical methods. Biometrika, 45 : 16-31.
- LETT (P.F.), KOHLER (A.C.) and FIDZGERALD (O.N.), 1975.- Rôle of stock biomass and temperature on recruitment of southern gulf of St. Lawrence Atlantic cod, *Gadus morhua*.
J. Fish. Res. Board Can. Vol. 32 n° 9 : 1613-1628.
- LETT (P.F.) and KOHLER (A.C.), 1976.- Recruitment : a problem of multi-species interaction and environmental perturbations, with special reference to Gulf of St. Lawrence Atlantic herring (Clupea harengus harengus).
J. Fish. Res. Board Can. 34 : 1155-1187.
- LEVENEZ (J.J.), FONTENEAU (A.) et REGALADO (R.), 1979.- Résultats d'une enquête sur l'importance des dauphins dans la pêche thonière F.I.S.M.
Rech. Doc. Scient. I.C.C.A.T., vol. 9, n° 1 : 176-179.
- LEVENEZ (J.J.), FONTENEAU (A.) et REGALADO (R.), 1979.- Evolution numérique et pondérale des calées de la flottille de senneurs F.I.S.M. ayant débarqué à Abidjan de janvier 1976 à juillet 1979.
Rec. Doc. scient. I.C.C.A.T. vol. 9, n° 1 : 92-101.
- LIMA (R.F.) and WISE (J.P.), 1963.- A first examination of the abundance and distribution of the yellowfin and albacore tuna in the western tropical Atlantic, 1957 to 1961.
Proc. world Meet. Biol. Tunas and rel. spec., La Jolla, Calif., 1962 (F.A.O., Rome 1963), vol. 3.
- LORD (G.), 1971.- Optimum steady state exploitation of a multispecies population with predator prey interactions.
Univ. Wash., Fish. Res. Inst., Cent. Quant. Sci. For. Fish. Wildl., Quant. Sci. Pap. 29 ; 8 p.

- LOTKA (A.J.), 1923.- Contribution to quantitative parasitology.
 Jour. Wash. Acad. Sci., Vol. 13, n° 8 : 152-153.
- MAGNUSON (J.J.) and HEITZ (J.G.), 1971.- Gill raker apparatus and food selectivity among mackerels, tunas, and dolphins.
 Fish. Bull. U.S. 69 : 361-370.
- MARCHAL (E.), 1959.- Observations sur quelques Neothunnus albacora (Lowe) capturés au large des Côtes de Guinée.
 Bull. I.F.A.N. T. XXI, sér. A. n° 4 : 1253-1274.
- MARCILLE (J.), 1969.- Pêche thonière de surface de quelques senneurs japonais en Atlantique oriental tropical (1965-1968).
 Doc. Sc. Cent. O.R.S.T.O.M. Pointe-Noire, Nlle sér., n° 3 ; 14 p.
- MARCILLE (J.), POINSARD (F.) et LE GUEN (J.C.), 1969.- La campagne thonière 1968 à Pointe-Noire (Congo).
 La pêche maritime, n° 1097 : 609-615.
- MARCILLE (J.), 1975.- Problèmes relatifs à l'échantillonnage de la flottille F.I.S. à Abidjan.
 Rec. doc. scient. I.C.C.A.T. vol. 6, n° 1 : 12-17.
- MARCILLE (J.) et STEQUERT (B.), 1976.- Croissance des jeunes albacores (Thunnus albacares) et patudo (Thunnus obesus) de la côte nord ouest de Madagascar.
 Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr., vol. XIV, n° 2 : 153-162.
- MARCILLE (J.), 1979.- Le problème posé par les prises de jeunes albacores et patudos dans l'Atlantique tropical. Conséquences en matière d'aménagement.
 La pêche Maritime, n° 1211 : 110-114.
- MARTIN (J.W.), 1962.- Distribution of catch per unit of effort and fishing effort for tuna in the eastern tropical Pacific Ocean by month of the years, 1951-1960
 Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull. 6 (5) : 119-229.
- MATHER III (F.), 1962.- Tunas (gen. Thunnus) of the western north Atlantic.
 Part 2. Description, comparison and identification of species of Thunnus based on external characters. World Scientific Meeting on the biology of tunas and related species, La Jolla, experience paper n° 7.
- MAY (R.M.), 1974.- Biological populations with nonoverlapping generations : stable points, stable cycles and chaos.
 Science (Wash. D.C.) 186 : 645-647.
- MAY (R.M.), BEDDINGTON (J.R.), CLARK (C.W.), HOLT (S.J.) and LAWS (R.W.), 1979.- Management of multispecies fisheries.
 Science 205 : 267-277.
- MAZEIKA (P.A.), 1968.- Mean monthly sea surface temperatures and zonal anomalies of the tropical Atlantic.
 American Geographical Society Serial Atlas of the Marine Environment ; folio 6.

- MERLE (J.), 1978.- Atlas hydrologique saisonnier de l'océan Atlantique inter-tropical.
Travaux et doc. O.R.S.T.O.M., n° 82.
- MIYAKE (P.M.), 1976.- Identification problem of young fish. (Yellowfin vs. bigeye).
Rec. doc. scient. I.C.C.A.T. vol. 6, n° 1 : 50-55.
- MOORE (H.L.), 1951.- Estimation of age and growth of yellowfin tuna (Neothunnus macropterus) in hawaiian waters by size frequencies. U.S. Fish. Wildl. Serv., Fish. Bull. 52 : 133-149.
- MORI (K.), UEYANAGI (S.) and NISHIKAWA (Y.), 1971.- The development of artificially fertilized and reared larvae of the yellowfin tuna, Thunnus albacares.
Bull. Far Seas fish. Res. Lab., n° 5 ; 219 p.
- MORITA (Y.) and KOTO (T.), 1971.- Some consideration on the population structure of yellowfin tuna in the indian ocean based on the longline fishery data.
Bull. Far. Seas Res. Lab. n° 4 : 125-140.
- MORITA (J.) and YAMANAKA (H.), 1974.- Some informations as observed from the records of the fish finders in the experimental tuna longline operation.
Bull. far Seas fish. Res. Lab. n° 11 : 37-50.
- MURPHY (G.I.), 1960.- Estimating abundance from longline catches.
J. fish. Res. Bd Can., 17 : 33-40.
- MURPHY (G.I.), 1965.- A solution of the catch equation.
J. Fish. Res. Bd Canada 22 (1) : 191-202.
- MURPHY (G.) and SHOMURA (R.), 1972.- Pre exploitation abundance of tunas in the equatorial central Pacific.
Fish. Bull. vol. 70, n° 3 : 875-913.
- MURPHY (T.C.) and SAKAGAWA (G.T.), 1976.- A review and evaluation of estimates of natural mortality rates of tunas.
Rec. doc. scient. I.C.C.A.T., vol. VI (1) : 117-123.
- NAKAGOME (J.), 1965.- Relation between monthly variation of hooking rate for yellowfin tuna and monthly variation of surface water temperature, and between hooking rate of the fish and annual variation of surface water temperature in the tropical Atlantic ocean.
Bull. Jap. Soc. Scient. fisheries, vol. 30, n° 2 : 122-126.
- NAKAGOME (J.), 1965.- On the seasonal variation of swimming layer of yellowfin tuna, big eye tuna, blue marlin in the area of Caroline and Marshall islands. 4 Seasonal variation of water temperature by depth. Japanese Soc. Scient. Fisheries, Bull. Jap. vol. 31, n° 10 : 781-784.
- NAKAGOME (J.), TSUCHIYA (H.), SUSUKI (S.), TANAKA (S.), SAKAKIBURA (T.), et HONDA (H.), 1965.- Age composition of Atlantic tunas related with distribution of water temperature and distance from land. I yellowfin tuna. II Albacore.
Bull. Jap. Soc. Scient. Fisheries, vol. 31, n° 2 : 97-100.

- NAKAGOME (J.), 1966.- On the seasonal variation of swimming layer of yellowfin tuna, big eyed tuna and blue marlin in the area of Caroline and Marshall islands. 5. Relations between seasonal variation of depth of swimming layer and that of depth of water temperature layer. Japanese society of scientific fisheries, Bull. vol. 31, n° 10 : 785-788.
- NAKAGOME (J.), 1967.- On the cause of annual variation of catch of yellowfin tuna in the tropical western indian ocean. 3 Relation between annual variation of hook rate and age groupe. Japanese society of scientific fisheries Bull. vol. 33, n° 3 : 151-155.
- NAKAGOME (J.), 1967.- On the cause of annual variation of catch of yellowfin tuna in the tropical western indian ocean. 4. Relation between abundance of year class and surface water temperature in spawning and nursery area. Jananese society of scientific fisheries.
Bull. vol. 31, n° 3 : 156-160.
- NELSON (W.R.), INGHAM (M.C.) and SCHAAF (W.E.), 1977.- Larval transport and year-class strength of atlantic Menhaden, Brevoortia tyrannus.
Fish. Bull. (U.S.), vol. 75, n° 1, 1977 : 23-41.
- NOSE (Y.), KAWATSU (H.) and HIYAMA (Y.), 1957.- Age and growth of Pacific tunas by scale reading. In Suisan Gaku Shusei, Tokyo Univ. Press. : 701-716.
(english summary).
- ORANGE (C.G.), SCHAEFER(M.B.), and LARMIE (F.M.), 1957.- Schooling habits of yellowfin tuna (Neothunnus macropterus) ans Skipjack (Katsuwonus pelamis) in the eastern Pacific ocean as indicated by purse seine catch records, 1946-1955.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull. 2 (3) : 82-113.
- ORANGE (C.), 1961.- Spawning of yellowfin tuna and skipjack in the eastern tropical Pacific as inferred from studies of gonad development.
Bull. Inter. Amer. Trop. Tuna Comm. 5 (6) : 459-526.
- O.R.S.T.O.M., 1976.- An. Rapport du groupe de travail sur la sardinelle (Sardinella aurita) des côtes Ivoirio-Ghanéennes ; 88 p.
-
- OSIPOV (V.G.), 1968.- On the vertical distribution of the yellowfin, Neothunnus albacora, and bigeye, Parathunnus obesus, tunas. Zoologicheshii Zhurnal, Vol. 47, n° 8 : 1192-1197. (in russian, english summary).
- PAIVA (M.P.) et LE GALL (J.Y.), 1975.- Catches of tunas and tuna like fishes, in the longline fishery areas off the coast of Brazil.
Arquivos de ciencias do mar 15, (1) : 1-18.

- PALOHEIMO (J.E.) and DICKIE (L.M.), 1964.- Abundance and fishing success. In Gulland (J.A.) editor. Contributions to symposium 1963, on the measurement of abundance of fish stocks.
Rapp. procès verb. Cons. Explor. Mer. vol. 155 : 152-163.
- PALOHEIMO (J.E.) and DICKIE (L.M.), 1965.- Food and growth of fishes. I-A growth curve derived from experimental data.
J. Fish. Res. Board Can. 22 (2) : 521-542.
- PALOHEIMO (J.E.) and DICKIE (L.M.), 1966.- Food and growth of fishes. II Effects of food and temperature on the relation between metabolism and body weight.
J. Fish. Res. Board Can. 23 (6) : 869-908.
- PALOHEIMO (J.E.) and DICKIE (L.M.), 1966.- Food and growth of fishes. III Relation among food, body size and growth efficiency.
J. Fish. Res. Board Can. 23 (8) : 1209-1248.
- PAULIK (G.J.) and BAYLIFF (W.th.), 1967.- A generalized computer program for the Ricker model of equilibrium yield per recruitment.
J. Fish. Res. Board Can. 24 : 249-259.
- PAULY (D.), 1978.- A preliminary compilation of fish length growth parameters. Berichte aus dem Institut für Meereskunde an der Christian Albrechts Universität Kiel n° 55 - 200 p.
- PELLA (J.J.), 1969.- A stochastic model for purse seining in a two species fishery.
J. Theoret. Biol. 22 : 209-226.
- PELLA (J.J.) and TOMLINSON (P.K.), 1969.- A generalized stock production model.
Bull. Inter. Am. trop. Tuna Comm., 13 : 420-496.
- PELLA (J.J.) and PSAROPULOS (C.), 1975.- Measures of tuna abundance from purse seining operations in the eastern Pacific ocean adjusted for fleet wide evolution of increased fishing power 1961-1971.
Inter. Am. trop. Tuna Comm. Bull. 16 (4) : 283-399.
- PETERMAN (R.M.), 1977.- A simple mechanism that causes collapsing stability regions in exploited salmonid populations.
J. Fish. Res. Board of Canada 34 : 1130-1142.
- PIANET (R.) et LE HIR (Y.), 1971.- La campagne thonière 1970 à Pointe-Noire.
Doc. Sci. Cent. O.R.S.T.O.M. Pointe-Noire. Nouv. sér. 17 : 1-15.
- PIANET (R.) et LE HIR (Y.), 1971.- Evolution de la pêche thonière dans le sud du golfe de Guinée de 1964 à 1970.
Doc. sci. Cent. O.R.S.T.O.M. Pointe-Noire. Nouv. sér., 17 : 16-48.
- PIANET (R.), 1974.- Le recrutement des albacores dans la région de Pointe-Noire.
Doc. I.C.C.A.T., S.C.R.S./74 ; 12 p.

- POINSARD (F.), 1967.- La pêche du yellowfin (Thunnus albacares) dans le golfe de Guinée. Résultats de la campagne de 1966.
Doc. Centre O.R.S.T.O.M. Pointe-Noire, n° 375 : 29 p. multigr.
- POINSARD (F.), 1969.- Relations entre longueur prédorsale, longueur à la fourche et poids des albacores Thunnus albacares (Bonnaterre) pêchés dans le sud du golfe de Guinée.
Cah. O.R.S.T.O.M. sér. Océanogr., vol. 7, n° 2 : 89-94.
- POINSARD (F.) et LE GUEN (J.C.), 1975.- Observations sur la définition d'une unité d'effort de pêche applicable à la pêcherie de thon de l'Atlantique tropical africain.
Rapp. Proc. Verb. Conseil Int. Explor. Mer , Vol., 168 : 39-43.
- POPE (J.G.), 1972.- An investigation of the accuracy of virtual population analysis, using cohort analysis.
Res. Bull. int. comm. M.W. Atlant. fish., 9 : 65-74.
- POPE (J.A.), (Ed.), 1975.- Measurement of fishing effort.
Rapp. p.v. Réun. Cons. int. Explor. Mer., 168 : 120 p.
- POSTEL (E.), 1949.- Les thonidés d'Afrique occidentale.
Bull. Elev. Indust. anim. A.O.F., Dakar, vol. 2, n° 4.
- POSTEL (E.), 1950.- Note sur les thonidés de la presqu'île du Cap-Vert.
Bul. Serv. El. A.O.F., tome 3, n° 2-3 - DAKAR.
- POSTEL (E.), 1953.- Deux allométries caractéristiques du thon à nageoires jaunes Neothunnus albacora (Lowe). Celle de la deuxième dorsale et celle de l'anale.
Bulletin de la société scientifique de Bretagne, tome 28 : 25-28.
- POSTEL (E.), 1954.- Quelques aperçus pratiques tirés de l'étude de la biologie des thonidés de l'Atlantique tropical. La pêche Maritime, Paris n° 912.
- POSTEL (E.), 1955.- Recherches sur l'écologie du thon à nageoires jaunes Neothunnus albacora (Lowe), dans l'atlantique tropico-oriental.
Bull. I.F.A.N., Dakar, vol. 17, sér. A, n° 1.
- POSTEL (E.), 1955.- Contribution à l'étude de la biologie de quelques Scombridae de l'Atlantique tropico-oriental.
Ann. Stat. Océanogr. Salamibo, n° 10.
- POSTEL (E.), 1958.- Un nouveau venu dans la pêche française : le thon à nageoires jaunes, Neothunnus albacora (Lowe). Science et Nature, Paris, n° 30.
- POSTEL (E.), 1964.- Les Japonais dans l'Atlantique. Quelques aspects techniques du problème thonier.
La pêche maritime, Paris, n° 1040 : 786 - 791.
- POSTEL (E.), 1965.- Les thoniers congélateurs français dans l'Atlantique africain.
Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr. vol. III n° 2 : 19-62.

- POSTEL (E.), 1969.- Répartition et abondance des thons dans l'Atlantique tropical. Actes du symposium océanographie et ressources halieutiques de l'Atlantique tropical. Abidjan 1966 U.N.E.S.C.O. : 109-138.
- RICHARDS (F.J.), 1959.- A flexible growth function for empirical use. J. exp. Botany, 10 (29) : 290-300.
- RICHARDS (W.J.) 1969.- Distribution and relative apparent abundance of larval tunas collected in the tropical Atlantic during Equalant surveys I and II. Proc. Symp. Oceanogr. Fisher. Res. trop. Atlantic. Review pap. Contr. UNESCO : 289-315.
- RICHARDS (W.J.) 1969.- An hypothesis on yellowfin tuna migrations in the eastern Gulf of Guinea. Cah. O.R.S.T.O.M., Série. Océanogr., vol. 7, n° 3 : 3-7.
- RICHARDS (W.J.) and SIMMONS (D.C.), 1971.- Distribution of tuna larvae (Pisces, Scombroidae) in the northwestern Gulf of Guinea and off Sierra Leone. Fish. Bull. U.S. Natl Mar. Fish. Serv. 69 (3) : 555-568.
- RICKER (W.E.), 1958.- Handbook of computations for biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Board Can. 119 : 300 p.
- RICKER (W.E.), 1973.- Linear regressions in fishery research. J. Fish. Res. Bd Can. vol. 30, n° 3 : 409-434.
- RICKER (W.E.), 1975.- Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Board Can. 191 : 382p.
- RINALDO (R.C.) and COAN (A.L.), 1979.- Effects of Atlantic yellowfin tuna (Thunnus albacares) stock structure hypothesis on production model analysis. Rec. doc. scient. I.C.C.A.T. vol. 8, n° 1 : 148-162.
- ROBSON (D.S.), 1966.- Estimation of the relative fishing power of individual ships. Res. Bull. int. Comm. N.W. Atlant. Fish., n° 3 : 5-14.
- RODRIGUEZ (A.), VALLE (S.) y VARDES (R.), 1979.- Composition por largo y proporcion entre les sexos del atun aleta amarilla (Thunnus albacares) en el Atlantico centro oriental. Rec. doc. scient. I.C.C.A.T. vol. 9, n° 1 : 143-151.
- 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. Mémoire O.R.S.T.O.M., n° 25, 117 p.

- ROTHSCHILD (B.J.), 1967.- Competition for gear in a multiple species fishery.
J. Cons. perm. int. Explor. Mer., vol. 31, n° 1 : 102-110.
- ROTHSCHILD (B.J.), 1971.- A systems view of fishery management with some notes
on the tuna fisheries.
F.A.O. Fish. Tech. Pap. n° 106 ; 33 p.
- ROTHSCHILD (B.J.), 1972.- An exposition on the definition of fishing effort.
Fish. Bull. (U.S.), 70 (3) : 671-679.
- ROTHSCHILD (B.J.) and ROBSON (D.S.), 1972.- The use of concentration indices
in fisheries.
Fish. Bull., vol. 70 : 511-514.
- ROTHSCHILD (B.J.), 1974.- Issues in population dynamics of tunas.
Rec. doc. scient. I.C.C.A.T. vol. 2 : 212-228.
- ROTHSCHILD (B.J.), 1977.- Fishing effort - in J.A. Gulland (editor).
Fish. population dynamics : 96-115 - Wiley N.Y.
- ROYCE (W.F.), 1964.- A morphometric study of yellowfin tuna thunnus albacares
(Bonnaterre).
U.S. Fish. and wildl. Serv. Fish. Bull., vol. 63, n° 2 : 395-444.
- SANDERS (M.J.) and MORGAN (A.J.), 1976.- Fishing power, fishing effort, density,
fishing intensity and fishing mortality.
J. Cons. int. Explor. Mer., 37 (1) : 36-40.
- SANTOS GUERRA (A.), 1978.- Comentarios sobre las actividades de la flota
F.I.S. y los cerqueros espanoles en el Atlantico este durante 1976-1977.
Rec. doc. scient. I.C.C.A.T., vol. 8, n° 1 : 1-6.
- SCHAAF (W.), 1979.- An analysis of the dynamic population response of atlantic
menhaden, Brevoortia tyrannus, to an intensive fishery.
Rap. P.V. Réun. Cons. int. Explor. Mer, 177 : 243-251.
- SCHAEFER (M.B.), 1954.- Some aspects of the dynamics of populations important
to the management of the commercial marine fisheries.
Inter-Amer. trop. Tuna Comm. Bull. 1 (2) : 27-56.

- SCHAEFER (M.B.), 1957.- A study of the dynamics of the fishery for yellowfin tuna in the eastern tropical Pacific ocean.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull. vol. 2, n° 6 : 245-268.
- SCHAEFER (M.B.), CHATWIN (B.M.) and BROADHEAD (G.C.), 1961.- Tagging and recovery of tropical tunas, 1955-1959.
Bul. Inter. Amer. Trop. Tuna Comm. 5 (5) : 341-455.
- SCHAEFER (M.B.) and WALFORD (L.A.), 1950.- Biometric comparison between yellowfin tunas (Neothunnus) of Angola and of the Pacific coast of central America.
- SCHAEFER (M.B.), 1967.- Fishery dynamics and present status of the yellowfin tuna population of the eastern Pacific ocean.
Inter. Amer. Trop. Tuna Comm. Bull. 12 (3) : 89-111.
- SCHAEFER (M.B.), 1968.- Methods of estimating effects of fishing on fish populations.
Trans. Am. Fish. Soc. Vol. 97, n° 3, 19 July 1968 : 231-241.
- SHARP (C.D.), 1978.- Behavioral and physiological properties of tunas and their effects on vulnerability to fishing gear. In G.D. Sharp and A.E. Dizon (editors): The physiological ecology of tunas.
Academic Press. N.Y. : 397-449.
- SHARP (C.D.) and FRANCIS (R.C.), 1976.- An energetics model for the exploited yellowfin tuna, Thunnus albacares, population in the eastern Pacific Ocean.
Fish. Bull. U.S. Vol. 74, n° 1 : 36-51.
- SHIMADA (B.M.) and SCHAEFER (M.B.), 1956.- A study of changes in fishing effort, abundance and yield for yellowfin and skipjack in the eastern tropical Pacific ocean.
Inter.Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., vol. 1, n° 7 : 347-469.
- SHIOAMA (T.), 1971.- Studies on measuring changes in the characters of the fishing effort of the tuna longline fishery.
Bull. Far Seas Fish. Res. Lab., n° 5 : 107-130.
- SHIOHAMA (T.), MYOJIN (M.) and SAKAMOJO (H.), 1965.- The catch statistics data for the Japanese tuna longline fishery in the Atlantic ocean and some simple consideration on it.
Report of Nankai Regional Fishery Research Laboratory, (21) ; 131 p.

- 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 Lab, Vol, 9 : 123-142.
- SIMS (S.E.) and PARRACK (M.L.), 1979.- The effects of unevenly distributed catches on virtual population analysis.
Rec. doc. Scient, I.C.C.A.T., vol. 9, n° 1 : 26-39.
- SLOBODKIN (L.B.), 1961.- Growth and regulation of animal populations. Holt, Rinehart and Winston, New York, 1961 ; 184 p.
- SOISSON (P.), 1971.- La pêche thonière dans l'Atlantique africain.
Univ. Rennes, Océano., halieutique, Conf. et Doc. 5 ; 51 p.
- STARK (A.E.), 1971.- A computer programm to estimate fishing power by the method of fitting constant.
J. Cons. int. Explor. Mer., 33 : 478-482.
- STEELE (J.H.), 1979.- Some problems in the management of marine ressources.
In Applied Biology, vol. 4, T.H. Coaker, ed. Academic Press, London : 103-140.
- STRETTA (J.M.), NOEL (J.) et VERCESI (L.), 1975.- Caractérisation des situations hydrobiologiques et potentialités de pêche thonière au Cap Lopez en juin et juillet 1972 et 1974.
Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, vol. 6, n° 2 : 59-74.
- STRETTA (J.M.), 1977.- Températures de surface et pêche thonière dans la zone frontale du Cap Lopez (Atlantique tropical oriental) en juin et juillet 1972, 1974 et 1975.
Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr., vol. XV, n° 2, 1977 : 163-180.
- SUDA (A.), 1970.- Approximate estimation of parameters in dynamics of fish population utilizing effort and catch statistics with little informations on biological features.
Bull. Far Seas fish. Res. Lab., n° 3 : 1-14.

- SUZUKI (Z.), 1971.- Comparison of growth parameters estimated for yellowfin tuna in the Pacific ocean.
Bull. Far Seas Fish. Res. Lab., n° 5 ; 89-105.
- SUZUKI (Z.), 1974.- Reexamination of scale reading method of yellowfin tuna taken in the western and central Pacific ocean.
Bull. Far Seas Fish. Res. Lab., n° 10 : 157-177.
- SUZUKI (Z.), WARASHINA (Y.) and KISHIDA (M.), 1977.- The comparison of catches by regular and deep tuna longline gears in the western and central equatorial Pacific.
Bull. Far Seas Fish. Res. Lab., n° 15 : 51-90.
- SUZUKI (Z.), 1979.- Yield of Atlantic yellowfin tuna under different hypotheses on the stock structure.
Rec. doc. Scient. I.C.C.A.T., vol. 8, n° 1 : 139-147.
- TAN (H.Y.), NOSE (Y.) and HIYAMA (Y.), 1965.- Age determination and growth of yellowfin tuna Thunnus albacares (Bonnaterre) by vertebrae.
Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 31 (6) : 414-422.
- THOMPSON (W.F.) and BELL (F.H.), 1934.- Biological statistics of the Pacific halibut fishery (2). Effect of changes in intensity upon total yield and yield per unit of gear.
Rept Int. Fish. Comm. 8 ; 49 p.
- TOMLINSON (P.K.), 1970.- A generalization of the Murphy catch equation.
J. Fish. Res. Bd Canada 27 : 821-825.
- TOMLINSON (P.K.) and ABRAMSON (M.J.), 1961.- Fitting a von Bertalanffy growth curve by least squares. State of California Department of fish and game. Fish. Bulletin n° 116 ; 69 p.
- ULTANG (Q), 1977.- Sources of errors in and limitations of virtual population analysis (cohort analysis).
J. Cons. Int. Explor. Mer , 37 (3) : 249-260.

- URSIN (E.), 1963.- On the incorporation of temperature in the von Bertalanffy growth equation.
Nedd. Danm. Fisheri Og Havunders. M.S., Vol. 4, n° 1 ; 69 p.
- VALLE (S.), 1976.-Estudios preliminares de algunos aspectos biológicos del Thunnus albacares. Maduración sexual.
Rec. doc. scient. I.C.C.A.T., vol. 6, n° 1 : 79-89.
- VALLE (S.), MEZENTSVA (M.) y RODRIGUEZ (A.), 1979.- Contenido estomacal del atun de aleta amarilla (Thunnus albacares) en el Atlantico centro oriental.
Rec. doc. scient. I.C.C.A.T. vol. 9, n° 1 : 199-208.
- VILELA (H.) et FRADE (F.), 1963.- Exposé synoptique sur la biologie du thon à nageoires jaunes Neothunnus albacora (Lowe 1839) (Atlantique oriental).
F.A.O. Fisheries Reports n° 6, vol. 2 : 900-930.
- VILELA (H.) et MONTEIRO (R.), 1959.- Sobre atun de Angola I - Como se pesca e quanto se pesca.
II- caracterização morfológica de Neothunnus albacora (Lowe)
Boletim de pesca n° 64. Lisboa ; 35 p.
- VINCENT CUAZ (L.), 1959.- Contribution à l'étude biométrique de l'albacore Neothunnus albacora (Lowe) d'après les captures effectuées le long des côtes mauritaniennes.
Doc. Centre d'études scient. et tech. appliquées à la pêche, Cotonou (Dahomey) : 1-105 (multigr.).
- VOLTERRA (V.), 1926.- Variazioni e fluttuazioni del numero d'individui in specie animali conviventi.
Mem. R. Acad. Naz. dei Lincei. Ser. 6, vol. 2.
- VOLTERRA (V.), 1931.- Variations and fluctuations of the number of individuals in animal species living together.
Animal ecology (Royal N. Chapman) Mac Graw Hill. : 409-448.
- WALTERS (C.J.), 1969.- A generalized computer simulation model for fish population studies.
Trans. Am. Fish. Soc., vol. 98 : 505-512.

- WALTERS (G.G.), 1973.- Delay differential equation models for fisheries.
J. Fish. Res. Board Can. 30 : 939-945.
- WALTERS (C.J.), 1975.- Optimal harvest strategies for salmon in relation to environmental variability and uncertain production parameters.
J. Fish. Res. Board Can. 32 : 1777-1784.
- WAUTHY (B.), 1977.- Révision de la classification des eaux de surface du golfe de Guinée (BERRIT, 1961).
Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr., vol. 15, n° 3 : 279-295.
- WILD (A.) and FOREMAN (T.J.), 1980.- The relationship between otolith increments and time for yellowfin and skipjack tuna marked with tetracycline.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 17,7 : 509-560.
- WINTERS (G.M.), 1976.- Recruitment mechanisms of southern gulf of St Lawrence Atlantic Herring (Clupea harengus).
J. Fish. Res. Board Can. vol. 33, n° 8 : 1751-1763.
- WISE (J.P.), 1968.- The japanese Atlantic longline fishery, 1964, and the status of the yellowfin tuna stocks.
Bureau of commercial fisheries (Miami). Contribution n° 69.
- WISE (J.P.) and LE GUEN (J.C.), 1969.- The japanese Atlantic longline fishery 1956-1963 - Symp. Oceanogr. Fish. Res. Trop. Atlantic, Paris : 317-347.
- WISE (J.P.), 1972.- Yield per recruit estimates for eastern tropical Atlantic yellowfin tuna.
Trans. Am. Fish. Soc. 101 : 75-79.
- WOO IL CHOO, 1975.- Case study of the fishing activity of a korean longliner Taechang n° 2, in the eastern tropical Atlantic ocean.
Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T., vol. 5 (1) : 117-128.
- WOO IL CHOO, 1975.- Relationship between length and weight of yellowfin and bigeye tuna from eastern atlantic ocean.
Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T., vol., 5, (1) : 72-81.
- YABUTA (Y.) and YUKINAWA (M.), 1957.- Age and growth of yellowfin tuna (Neothunnus macropterus) in japanese waters by size frequencies.
Rep. Nankai reg. Fish. Res. Lab. 5 : 127-133 (english summary).

- YABUTA(Y.) and YUKINAWA (M.), 1959.- Growth and age of the yellowfin tuna (Neothunnus macropterus) in the equatorial Pacific. I study of length frequency distribution.
Rep. Nankai reg. Fish. Res. Lab. n° 11.
- YABUTA (Y.), YUKINAWA (M.) and WARASHINA (Y.), 1960.- Growth and age of yellowfin tuna. II age determination (scale method).
Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab. n° 12 : 63-74 (english summary).
- YAMANAKA(H.), 1969.- Relation between the fishing grounds of tunas and the equatorial current system.
Bull. Jap. Soc. Fish. Oceanogr. Spec. n° (1969) : 227-230.
- YAMANAKA (I.), 1976.- Discussion on "Oceanographic condition in relation with fishing conditions" by applying the information theory. On the prediction of tuna fishing conditions.
Bull. Far Seas Fish. Res. Lab. vol. 14 : 105-122.
- YANEZ (R.), 1978.- Analyse des prises par unité d'effort du yellowfin de la pêcherie palangrière atlantique. Relations avec les p.u.e. de la pêcherie de surface.
Rec. doc. scient. I.C.C.A.T. vol. 8, n° 1 : 67-78.
- YANEZ (R.), 1979.- Analyse des prises par unité d'effort (p.u.e.) du yellowfin de la pêcherie palangrière atlantique. Relation avec les p.u.e. de la pêcherie de surface de l'Atlantique est.
Rec. doc. scient. I.C.C.A.T., vol. 8, n° 1 : 67-78.
- YANEZ (R.), 1980.- Analyse de la prise de l'effort et de la prise par unité d'effort annuelle de la pêche palangrière (1956 à 1977) et de surface (1969 à 1978) du yellowfin (Thunnus albacares) de l'Atlantique.
Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T., vol. 9, n° 1 : 52-75.
- YANEZ (R.), 1980.- Etude comparée des pêcheries palangrières (1956 à 1977) et de surface (1969 à 1978) de l'albacore (Thunnus albacares, Bonnaterre 1788) de l'océan Atlantique. Thèse de 3ème cycle n° 119, université de Bretagne occidentale ; 202 p.

- YANEZ (R.) et BARBIERI (M.A.), 1980.- Analyse de la prise par unité d'effort "saisonnrière" et de l'évolution de l'indice gonado-somatique de la pêche palangrière (1956 à 1977) et de surface (1969 à 1978) du yellowfin (Thunnus albacares) de l'Atlantique.
Rec. doc. scient. I.C.C.A.T., vol. 9, n° 1 : 76-91.
- YANG (R.T.), NOSE (Y.) and HIYAMA (Y.), 1969.- Morphometric studies on the Atlantic' albacore and yellowfin tuna.
Far Seas Fish. Res. Lab. Bull. (2) : 23-64.
- 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.
Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T. vol. V, (1) : 26-28.
- YOSHIHARA (T.) and SOISSON (P.), 1973.- Short term forecast in pole and line fishing. Journal of the Tokyo University of Fisheries, vol. 60, n° 1 : 21-34.
- YUEN (H.S.H.), 1966.- Swimming speeds of yellowfin and skipjack tuna. Amer. Fish. Soc. Transactions, vol. 95, n° 2 : 203-209.
- ZAVALA (L.A.), 1975.- Informe premiminar sobre las migraciones del rabil (Thunnus albacares) en el sudeste y sur del Brasil.
Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T. vol. 5 (1) : 19-22.
- ZAVALA (L.A.), 1975.- Atunes del sudeste y sur del Brasil (20°5 a 32°S).
Doc. I.C.C.A.T. S.C.R.S./75/18 ;4 p ;
- ZAVALA (L.A.), 1976.- Hipotesis sobre la estructura de poblacion del rabil (Thunnus albacares), basada en el estudio de los estados de maduracion sexual y de la frecuencia de tallas en ejemplares capturados en el sur del Brasil.
Rec. Doc. Scient. I.C.C.A.T. vol. 6, n° 1 : 103-108.

ZEITZSCHEL (B.), 1969.- Productivity and microbiomass in the tropical Atlantic in relation to the hydrographical conditions (with emphasis on the eastern area).

Actes du symposium sur l'océanographie et les ressources halieutiques de l'Atlantique oriental (Abidjan 1966): 69 - 84.

ZHAROV (V.L.), 1967.- On migration of the yellowfin tuna, Thunnus albacares (Bonmaterre) in the Atlantic ocean.

C.M. 1967/J. 11, Pelagic fish (southern) Committe, ICES, 9.

ZHAROV (V.L.), 1968.- Age and growth of yellowfin tuna (Thunnus albacares Bonna-
terre) of the Atlantic ocean.

I.C.E.S. report n° 66 : 1-8.

SOMMAIRE DES TABLEAUX

§ 2 - Identité des stocks

Tableau 1 : Zone de marquage et de recapture des albacores demeurés plus de deux mois en liberté, p. 14.

Tableau 2 : Variations de la p.u.e. palangrière moyenne mensuelle dans les 3 secteurs de la figure 2. p.232.

Tableau 3 : Estimations de la proportion de la biomasse d'albacores présente dans les 3 secteurs de la figure 21, selon l'hypothèse retenue pour estimer l'abondance à partir de la p.u.e. dans les carrés 5°-5° non explorés, p. 20.

Tableau 4 : Estimation du pourcentage de la population migrant entre les trois sous-secteurs à chaque trimestre, selon l'hypothèse retenue pour les carrés 5°-5° sans effort de pêche, p. 21.

Tableau 5 : Estimation du nombre moyen d'albacores de plus de 3 ans capturés à la palangre et en surface durant 4 périodes caractéristiques de l'évolution de la pêcherie. p. 28.

Tableau 6 : Proportion des proies épi- et bathypélagiques dans les contenus stomacaux des albacores pêchés à la palangre dans l'Atlantique central (d'après les données de VALLE et al.), p. 237.

Tableau 7 : Estimation du nombre d'albacores capturés à la palangre et en surface par classes de 10 cm et recaptures d'albacores marqués pour les mêmes intervalles, p. 31.

§ 3 - Croissance :

Tableau 8 à 11 : Fréquences de tailles mensuelles des albacores débarqués par la flottille des canneurs de Téma en 1973 (tabl.8), 1974 (tabl.9), 1975 (tabl.10) et 1976 (tabl.11), p. 234-235.

Tableau 12 : Croissance moyenne des albacores marqués et recapturés dans les intervalles de taille 40 à 70 cm et 70 à 140 cm. p. 49.

Tableau 13 : Fréquences de tailles moyennes (par mois de pêche) des albacores capturés par la flottille FISM dans le secteur Pointe Noire (total des années 1969 à 1977). p. 236.

Tableau 14 : Estimation des paramètres L_{∞} , K , et t_0 de l'équation de Von Bertalanffy obtenus en fonction de l'intervalle des tailles et de la période d'étude. p. 237.

Tableau 15 : Table de correspondance âge et longueur à la fourche proposée pour l'albacore de l'Atlantique est.p. 238.

§ 4 - Effort de pêche :

Tableau 16 : Pourcentages de listao dans les prises de diverses flottilles thonières de l'Atlantique. p. 238.

Tableau 17 : Prises totales d'albacore par engin et secteur de 1956 à 1980 (en milliers de tonnes)

Tableau 18 : Nombre de thoniers par catégorie et mode de pêche de la flottille FISM de 1969 à 1979 : p. 240.

Tableau 19 : Efforts de pêche (en jours de mer) par engin et catégorie de la flottille FISM de 1969 à 1979 : p. 240.

Tableau 20 : Prises par unité d'effort annuelles (tonnes par jour de mer) en albacore par engin et catégorie pour la flottille FISM de 1969 à 1979 . p. 241.

Tableau 21 : Prises par unité d'effort annuelles (tonnes par jour de mer) en albacore par engin et catégorie pour la flottille FISM de 1969 à 1979 : p. 241.

Tableau 22 : Prises par unité d'effort moyenne des grands senneurs de 570 et 608 tonnes de jauge brute (appartenant à la catégorie 5). p. 242.

Tableau 23 : Prises par calée, nombre de calées par jour de mer pour un échantillon de senneurs FISM en 1977. p. 242.

Tableau 24 : Estimation du pourcentage du temps de mer consacré à capturer le listao. p. 64.

Tableau 25 : Nombre de carrés de 1° explorés par la flottille FISM par engin et pour l'ensemble de la flottille ; nombre moyen de carrés explorés par quinzaine et nombre total annuel de 1969 à 1979 . p. 67.

Tableau 26 : Pourcentage moyen du nombre de carrés de 1° explorés en fonction de l'effort de pêche durant la période 1969 à 1977 (par classe de 1 jour de pêche . p. 68.

Tableau 27 : Indices de concentration de GULLAND sur l'albacore par quinzaine de pêche de 1969 à 1977 pour les senneurs moyens et les grands senneurs FISM . p. 71.

Tableau 28 : Facteurs q et taux d'exploitation de la concentration exploitée dans le secteur du Cap Lopez du 1er juillet au 20 septembre 1977 . p. 245.

Tableau 29 : p.u.e. en albacore calculées selon la méthode mise en point dans le but d'estimer l'abondance du stock de 1969 à 1979. p. 242.

§ 5 - Analyse des cohortes :

Tableau 30 : Estimation des prises d'albacores par engin et secteur dans l'Atlantique intertropical retenues dans l'analyse des cohortes (1955 à 1977). p. 243 et p. 244.

Tableau 31 : Fréquences de taille disponibles par engin et pays de 1956 à 1977 et substitutions de strates réalisées. p. 245.

Tableau 32 : Limites trimestrielles de tailles entre âges successifs retenues pour décomposer les fréquences de tailles par trimestre en vecteurs de prises par âge. p. 246.

Tableau 33 : Estimations des vecteurs de prises par âge employées dans l'analyse des cohortes.

Tableau 33 a et b : Prises moyennes annuelles, par périodes de 4 ans par âge pour la période 1956 à 1968. p. 246.

Tableau 33 c et d : Prises trimestrielles par âge pour la période 1969 à 1977. p. 247 et p. 248

Tableau 34 : Potentiels d'accroissement de la production par recrue, selon le niveau du recrutement pour des facteurs multiplicatifs des vecteurs mortalité par pêche inférieurs à 2,5. p. 249.

Tableau 36 : Résultats de l'analyse des cohortes, période récente, dans l'hypothèse recrutement constant égal à 30 millions d'individus (F max.) et $M = 0,6$: taux de mortalité par pêche, Atlantique est. p. 249.

Tableau 36 : Résultats de l'analyse des cohortes, période récente, dans l'hypothèse recrutement constant égal à 30 millions d'individus (F max.) et $M = 0,6$: populations sous-jacentes, Atlantique est. p. 250.

Tableau 37 : Résultats de l'analyse des cohortes, période récente, dans l'hypothèse recrutement constant égal à 50 millions d'individus (F min.) et $M = 0,6$: Taux de mortalité par pêche, Atlantique est. p. 250.

Tableau 38 : Résultats de l'analyse des cohortes, période récente, dans l'hypothèse recrutement constant égal à 50 millions d'individus (F min.) et $M = 0,6$: Populations sous jacentes, Atlantique est. p. 252.

Tableau 39 : Résultats de l'analyse des cohortes, période récente, dans l'hypothèse recrutement variable estimé d'après les p.u.e. par engin et dans l'hypothèse F max : taux de mortalité par pêche, Atlantique est. p. 253.

Tableau 40 : Résultats de l'analyse des cohortes, période récente, dans l'hypothèse recrutement variable estimé d'après les p.u.e. par engin et dans l'hypothèse F max. : taux de mortalité par pêche, Atlantique est. p. 254.

Tableau 41 : Résultats de l'analyse de cohortes, période historique 1956-68 ; taux de mortalité par pêche dans l'hypothèse F min. (recrutement constant de 50 millions) et $M = 0,6$. p. 255.

Tableau 42 : Résultats de l'analyse de cohortes, période historique 1956-1968 ; taux de mortalité par pêche dans l'hypothèse F max. (recrutement constant de 30 millions) et $M = 0,06$. p. 255.

Tableau 43 : Résultats de l'analyse de cohortes, période historique 1956-1968 : populations sous-jacentes dans l'hypothèse F min. (recrutement constant de 50 millions) et $M = 0,6$. p. 256.

Tableau 44 : Résultats de l'analyse de cohortes, période historique 1956-1968 : populations sous-jacentes dans l'hypothèse F max. (recrutement constant de 30 millions) et $M = 0,6$. p. 256.

Tableau 45 : Vecteurs de mortalité naturelle par âge (M) retenus dans l'analyse de sensibilité de l'analyse des cohortes aux erreurs sur M. p. 257.

Tableau 46 : Choix du recrutement correspondant aux hypothèses F min. et F max. dans le cas d'une mortalité naturelle variable selon l'âge (tabl. 45) : potentiel d'accroissement de la production par recrue pour des facteurs multiplicatifs de F inférieurs à 2,5. p. 257.

Tableau 47 : Résultats de l'analyse des cohortes pour divers vecteurs M (tabl. 45), pour les cohortes 1969 et 1973 : populations sous-jacentes selon les deux hypothèses F min. et F max. p. 258.

Tableau 48 : Choix du recrutement correspondant aux hypothèses F min. et F max. dans le cas d'une mortalité naturelle variables selon l'âge (tabl. 45) : taux de mortalité par pêche de la production par recrue pour des facteurs multiplicatifs de F inférieurs à 2,5. p. 259.

Tableau 49 : Hypothèses relatives à l'identité des stocks et aux pêcheries employées dans la génération par simulation des vecteurs de prises traités ensuite par analyse des cohortes. p. 260.

Tableau 50 : Population sous-jacente simulée au temps initial de l'âge 5 et comparaison des F réels (simulés) aux âges 5 à 7 avec les F calculés à partir des prises cumulées d'âges 5, 6 et 7, pour les diverses hypothèses sur l'identité des stocks (valeurs annuelles, les calculs sont réalisés par trimestre). p. 261.

Tableau 51 : Comparaison des prises et des taux de mortalité par pêche par âge (moyenne annuelle des 4 trimestres), réels et calculés par analyse des cohortes, pour l'ensemble de la pêcherie simulée et, pour la pêcherie de surface, valeurs réelles de la mortalité par pêche dans la strate surface Atl. est. L'analyse des cohortes est menée à partir d'une estimation exacte du recrutement. p. 262.

Tableau 52 : Valeurs des F calculés par analyse des cohortes dans l'hypothèse erronée d'un stock exploité par une pêcherie de surface, pour les divers stocks et pêcheries simulés, en introduisant une estimation trop basse du recrutement. N_x est le plus bas recrutement qui, partant du recrutement réel, avec des effectifs décroissants par pas de 10 %, permet de générer le vecteur de prises ; x est alors le recrutement en pourcentage du recrutement réel. Ces valeurs sont à comparer avec les valeurs réelles du recrutement et celles calculées à partir des recrutements exacts (tabl. 51). p. 261.

Tableau 53 : Taux de mortalité par pêche calculés dans l'hypothèse d'un recrutement constant égal à 34,5 millions (hypothèse F max.) pour la période 1974 à 1977. p. 263.

Tableau 54 : Taux de mortalité par pêche calculés dans l'hypothèse d'un recrutement constant égal à 57,5 millions (hypothèse F min.) pour la période 1974 à 1977. p. 264.

§ 6 - Recrutement :

Tableau 55 : Puissances de pêche des 4 engins FISM sur les classes d'âge 1 et 2 p. 265.

Tableau 56 : Facteurs correctifs par trimestre et secteurs ICCAT pour la classe d'âge 1. p. 265.

Tableau 57 : Facteurs correctifs par trimestre et secteurs ICCAT pour la classe d'âge 2. p. 265.

Tableau 58 : Indices d'abondance des classes 1967 à 1976 pour les âges 1 et 2, (a) à partir des temps de mer bruts, (b) à partir des efforts théoriques. p. 265.

§ 7 - Production par recrue :

Tableau 59 : Modèle de Ricker, F variable selon l'âge. Hypothèse d'un recrutement constant, $M = 0,6$: variations de la production par recrue (en %) pour un âge à la 1^{ère} capture de 1,5 an. p. 135.

Tableau 60 : Modèle de Ricker, F variable selon l'âge. Hypothèse d'un recrutement constant, $M = 0,6$: variations de la production par recrue (en %) pour un âge à la première capture de 1,5 an et un multiplicateur du vecteur F égal à 1,5. p. 136.

Tableau 61 : Modèle de Ricker, F variable selon l'âge. Hypothèse recrutement constant, $M = 0,6$: variations de la production par recrue (en %) pour un âge à la 1^{ère} capture de 1,5. p. 137.

Tableau 62 : Modèle de Ricker, F variable selon l'âge. Hypothèse d'un recrutement variable, $M = 0,6$; variations de la production par recrue (en %) pour un âge à la première capture de 1,5 an et un multiplicateur du vecteur F égal à 1,5. p. 138.

§ 9 : Modélisation :

Tableau 63 : Estimation par le modèle global généralisé (programme PROFIT) des paramètres d'équilibre de la pêcherie d'albacore de l'Atlantique. p. 266.

Tableau 64 : Calcul des facteurs q pour les canneurs basés à Téma. p. 267.

Tableau 65 : Calcul des facteurs q pour les canneurs basés à Téma. p. 267.

Tableau 66 : Calcul des facteurs q pour les grands senneurs FISM. p. 268.

Tableau 67 : Calculs des facteurs q pour les palangriers. p. 269.

Tableau 68 : Efforts de pêche utilisés dans les simulations p. 269.

Tableau 69 : Hypothèse sur les taux migratoires retenus dans les simulation. p. 270.

Tableau 70 : Résultats du programme PROFIT appliqué aux données simulées du paragraphe 9.6.4., pêcherie en expansion dans la zone centrale. p. 270.

SOMMAIRE DES FIGURES

§ 2 - Identité des stocks

Figure 1 : Distribution géographique des marquages d'albacores de l'ORSTOM. P. 271.

Figure 2 : Fréquences de taille des albacores marqués par l'ORSTOM. P. 271.

Figure 3 : Nombre d'albacores marqués en fonction du mois. p. 272.

Figure 4 : Distance (en milles) entre les positions de marquage et de recapture en fonction de la durée de liberté pour tous les albacores demeurés plus de 20 jours en liberté. P. 272.

Figure 5 : Déplacement nord sud apparent des albacores marqués en fonction du mois de marquage et de recapture. p. 272.

Figure 6 : Distribution en latitude de l'effort de pêche (par secteur 5° longitude et 1° latitude) de 5°N à 8°S dans le secteur côtier de Pointe-Noire. P. 273.

Figure 7 : Distance (en milles) entre marquage et recapture en fonction de la longueur, pour les albacores demeurés de 20 à 90 jours en liberté. p. 273.

Figure 8 : Schématisation des modes observés dans les trois secteurs côtiers de Pointe-Noire, Abidjan et Dakar. p. 274.

Figure 9 à 20 : p.u.e. moyenne mensuelle en albacore des palangriers japonais par secteur 5°-5° de 1957 à 1965. p. 275 à p. 278.

Figure 21 : Subdivision de l'atlantique tropical en 3 secteurs retenue pour l'analyse de la population d'albacore. p. 279.

Figure 22 : Abondance relative mensuelle des albacores dans les trois sous secteurs de la figure 21 : estimation basée sur les p.u.e. moyennes de la pêcherie palangrière de 1957 à 1976 selon deux hypothèses relatives aux carrés 5°x5° sans effort de pêche.

Hyp. (1) : l'abondance y est nulle

Hyp. (2) : l'abondance y est égale à celle dans les carrés exploités. P. 279.

Figure 23 : Coupe thermique (moyenne annuelle) de 0 à 200 mètres de profondeur sur deux axes reliant les points de coordonnées :

A (55°W - 15°N) et B (8°E et 3°S)

C (20°W et 20°N) et D (20°W et 20°S)

d'après les données de l'atlas de Merle 1978). p. 280.

Figure 24 : Indices gonadosomatiques en fonction de la taille des albacores pour les individus capturés à la palangre (palangriers japonais de 1957 à 1973) et à la senne (senneurs FISM de 1975 à 1977). p. 281.

Figure 25 : Fréquence des allèles de la transférine a et de la phosphogluco-
isomérase 2 dans l'échantillon de 280 albacores récoltés dans le golfe de Guinée
en 1975 pour les 4 modes de tailles observées. p. 281.

§ 3 - Croissance

Figure 26 : Pourcentage des indices gonadosomatiques mensuels supé-
rieurs à 30 chez les albacores femelles dans l'échantillon des captures de
la flottille FISM analysé par Albaret 1977, de janvier 1974 à octobre 1976. p. 282.

Figure 27 : Superposition des fréquences de taille des débarquements
trimestriels d'albacores de la flottille de canneurs de Téma de 1973 à 1976
(classes de 2 cm). p. 283.

Figure 28 : Superposition des échantillons de fréquences de tailles
mensuelles des albacores débarqués par la flottille de Téma.
(Exemple de janvier 1974 à mai 1974). p. 283.

Figure 29 : Schéma typique des structures modales et de leur déplace-
ment apparent dans les débarquements d'albacore de Téma. p. 284.

Figure 30 : Fréquence des écarts entre les longueurs mesurées au
marquage et à la recapture pour les 59 albacores recapturés durant les 15 jours
après leur marquage. p. 282.

Figure 31 : Longueurs au marquage et à la recapture des albacores,
reportées sur une courbe de croissance de Von Bertalanffy ayant pour paramètres
 $L_{\infty} = 194,8$; $t_0 = 7,48$; $K = 0,035$ (LE GUEN et SAKAGAWA 1973). p. 285.

Figure 32 : Longueur au marquage et à la recapture des albacores, en
fonction du déplacement apparent des modes dans les pêcheries de Téma et FISM. p. 286.

Figure 33 : Comparaison de la croissance, pondérale et en longueur,
des albacores juvéniles : A selon la méthode de Petersen et les résultats
des marquages ; B et C selon les lois de Von Bertalanffy proposées par LE GUEN et
SAKAGAWA, 1973 ; B : $L_{\infty} = 175,17$; $t_0 = 9,64$; $K = 0,044$; C : $L_{\infty} = 194,8$;
 $t_0 = 7,48$; $K = 0,035$. p. 287.

Figure 34 : Evolution du pourcentage de mâles en fonction de la taille,
pour les albacores capturés par les pêcheries de surface du Pacifique et de
l'Atlantique (figure reprise d'après ALBARET, 1977). p. 290.

§ 4 - Effort de pêche

Figure 35 : Un exemple de concentrations trophiques saisonnières : la
saison de pêche du Cap Lopez de mai à juillet : cartes des prises FISM d'albacore
par quinzaine et carré de 1° de 1969 à 1977. p. 288.

Figure 36 : Un exemple de concentrations trophiques saisonnières : la saison de pêche du Cap des trois pointes de juillet à septembre:cartes des prises FISM d'albacore par quinzaine et carré de 1° de 1969 à 1977. p. 289.

Figure 37 : Pourcentage de listao dans les prises de divers engins.p. 290.

Figure 38 : Isocourbes de prix de vente d'une prise mixte bispécifique (espèce cible + espèce accessoire), en fonction du prix de vente relatif des deux espèces et du rendement de l'espèce accessoire pour un senneur de 90 t de capacité (a) pour un rendement faible de l'espèce cible (3t/JP.)

(b) pour un rendement élevé de l'espèce cible (6t/JP.) p. 291.

Figure 39 : Isocourbes de prix de vente d'une prise mixte bispécifique (espèce cible + espèce accessoire) en fonction du prix de vente relative des deux espèces et du rendement de l'espèce accessoire pour un senneur de 400 t de capacité (a) pour un rendement faible de l'espèce cible (6t/JP.)

(b) pour un rendement élevé de l'espèce cible (12t/JP.) p. 292.

Figure 40 : Isocourbes de prix de vente d'une prise mixte bispécifique (espèce cible + espèce accessoire) en fonction du prix de vente relatif des deux espèces et du rendement de l'espèce accessoire pour un senneur de 1 000 t de capacité (a) pour un rendement faible de l'espèce cible (8t/JP.)

(b) pour un rendement élevé de l'espèce cible (16t/JP.) p. 293.

Figure 41 : (a) Fréquence des rendements mensuels moyens de 1969 à 1973 pour les canneurs congélateurs de catégorie 2 et courbe de la durée du remplissage des cales en fonction de ces rendements.

(b) Idem pour les canneurs de catégorie 3. p. 294.

Figure 42 : Prises par unité d'effort trimestrielles (tonnes par jour de pêche) en albacore des canneurs congélateurs FISM de catégories 2 et 3. p. 295.

Figure 43 : Nombre de senneurs en activité dans la flottille FISM par catégorie de jauge brute de 1969 à 1978, Catégories 3 = 100 t de capacité, 4 : 200 t ; 5 : 400 ; 6 : 500 à 800 t ; 7 : + 800 t. p. 295.

Figure 44 : Rendements annuels moyens (toutes espèces réunies) d'un échantillon de senneurs FISM des catégories 4 à 7 en fonction de la jauge brute pour les années 1974, 1975, 1976 et 1977 (un point représente le rendement annuel d'un thonier). p. 295.

Figure 45 : Relation entre la durée d'une calée et la prise par calée pour un échantillon de grands senneurs FISM, année 1977. P. 295.

Figure 46 : Fréquence des prises par calée en fonction de la catégorie pour les senneurs FISM (année 1977 pour senneurs de catégories 4 à 6, année 1972 pour senneur 3). p. 296.

Figure 47 : Fréquence du nombre de calées par jour de mer des différentes catégories de senneurs FISM (année 1977 pour senneurs de catégorie 4 à 6, année 1972 pour senneur catégorie 3). p. 296.

Figure 48 : Diagramme des isocourbes de p.u.e. par jour de mer et par 12 heures de recherche selon l'intervalle de temps moyen entre deux calées successives et la prise moyenne par calée. p. 296.

Figure 49 : Cartes des isothermes moyens de surface 22° et 23° en janvier et en juillet (d'après l'atlas d'HASTENRATH et LAMB). p. 297.

Figure 50 : Prises d'albacore et de listao par les grands senneurs américains en septembre 1973 et températures de surface. p. 297.

Figure 51 : Evolution du pourcentage d'albacore capturé par la flottille FISM au troisième trimestre dans le secteur du cap Lopez (Equateur à 5°S, 5 à 10°E) de 1969 à 1977. p. 297.

Figure 52 : Moyenne et coefficient de variation de la p.u.e. en fonction de l'effort moyen exercé par carré de 1° par quinzaine pour les senneurs moyens FISM. p. 297.

Figure 53 : Moyenne et coefficient de variation de la p.u.e. en fonction de l'effort moyen exercé par carré de 1° par quinzaine pour les grands senneurs FISM. p. 297.

Figure 54 : Evolution de la p.u.e. dans les carrés de 1° où un effort inférieur à 12 heures ou compris entre 12 et 24 heures a été exercé, par quinzaine, par les senneurs moyens FISM. p. 298.

Figure 55 : Evolution de la p.u.e. dans les carrés de 1° où un effort inférieur à 12 heures ou compris entre 12 et 24 heures a été exercé par quinzaine par les grands senneurs FISM. p. 298.

Figure 56 : Indices de concentration de GULLAND sur l'albacore par quinzaine de pêche de 1969 à 1979 pour les senneurs moyens FISM (catégories 3 et 4). p. 298

Figure 57 : Indices de concentration de GULLAND sur l'albacore par quinzaine de pêche de 1969 à 1979 pour les grands senneurs FISM (catégories 5 à 7). p. 299.

Figure 58 : Signification des coefficients de corrélation de rang de SPEARMAN entre l'effort et la p.u.e., par quinzaine de pêche de 1969 à 1977 pour senneurs moyens et grands senneurs. p. 299.

Figure 59 : Prises des senneurs FISM dans le secteur du Cap Lopez du 1er juillet au 15 septembre 1977 par périodes de 15 jours. p. 300.

Figure 60 : p.u.e. d'un échantillon de senneurs FISM dans le secteur du Cap Lopez par périodes de 5 jours du 1er juillet au 25 septembre 1977. p. 301.

Figure 61 : Evolution de quelques paramètres caractéristiques de la pêcherie de senneurs FISM DU 1er juillet au 25 septembre 1977 dans le secteur du Cap Lopez. p. 301.

Figure 62 : Evolution comparée des p.u.e. et de la population théorique exploitée dans le secteur Cap Lopez du 1er juillet au 20 septembre 1977 par périodes de 5 jours. p. 302.

Figure 63 : Exploitation simulée d'une concentration : évolution en fonction de la biomasse initiale présente et du nombre de senneurs :
 (a) du nombre de jours de pêche pour que la p.u.e. par jour de pêche décroisse jusqu'à un niveau de 3t/J.P.
 (b) de la p.u.e. par jour de pêche obtenue pendant la durée de l'exploitation de la concentration. p. 303.

Figure 64 : Distribution des facteurs de puissance de pêche globale relatifs à un bateau type (de catégorie S.3.) ayant une puissance de pêche égale à 1.0 pour les senneurs moyens (catégories 3 et 4) et de catégorie S5 pour les grands senneurs (catégories 5 à 7). p. 302.

Figure 65 : p.u.e. en albacore des senneurs moyens et des grands senneurs FISM calculée selon la méthode proposée. p. 303.

§ 5 - Analyse des cohortes

Figure 66 : Vecteurs de prises moyennes par âge de 1957 à 1977 (Atlantique total) par périodes de 4 ans de 1957 à 1968 et par périodes de 3 ans de 1969 à 1977). p. 304.

Figure 67 : Taux moyens annuels de mortalité par pêche durant les 6 périodes jugés homogènes dans l'hypothèse d'un recrutement constant égal à 30 millions (F max.) et à 50 millions (F min.). p. 304.

Figure 68 : Taux moyens annuels de mortalité par pêche durant les périodes 1972-1974 et 1975-1977 dans l'hypothèse d'un recrutement variable (Hypothèse F max. = fort taux d'exploitation, hypothèse F min. = taux d'exploitation modéré). p. 305

Figure 69 : Taux annuels de mortalité par pêche pour les cohortes 1969 et 1973 pour divers vecteurs de mortalité naturelle par âge. p. 305.

Figure 70 : Comparaison des taux de mortalité par pêche "réels" (obtenus par simulation) de la pêcherie et des taux de mortalité par pêche calculés par analyse des cohortes dans 7 hypothèses de structures des stocks (H_1 à H_7 , voir tableau 49) .

- F calculés dans l'hypothèse d'un stock unique
- F calculés dans l'hypothèse d'un stock unique de surface à partir d'une estimation exacte du recrutement ou d'une estimation du recrutement inférieure au recrutement réel (R_{90} inférieur de 10%, R_{80} inférieur de 20%, R_{70} inférieur de 30%).
- F calculé à l'âge 5+ en regroupant toutes les captures d'individus de plus de 5 ans.

La proportion des prises de surface et de profondeur en fonction de l'âge, dans chaque hypothèse, est représentée sur les figures à droite. p. 306 et p. 307.

§ 6 - Recrutement

Figure 71 : Variations du recrutement estimées d'après les c.p.u.e. par engin et secteur. p. 303.

§ 8 - Production par recrue

Figure 72 : Production par recrue à F et M constant (75a : $M = 0,4$; 75b : $M = 0,6$, 75c : $M = 0,8$). p. 308.

Figure 73 : Production par recrue dans les hypothèses F min. et F max., pour F variable selon l'âge et $M = 0,6$ (année 1971 à 1977). p. 309.

Figure 74 : Production par recrue de la classe 1973 pour divers vecteurs de M par âge dans les hypothèses F min. et F max., F variable selon l'âge. p. 310 et p. 311.

Figure 75 : Production par recrue dans l'hypothèse d'un recrutement variable estimé d'après la variation de la p.u.e. des âges 1 et 2 ; années 1972 à 1977.

§ 9 - Modélisation de la pêche

Figure 76 : Prises, efforts et p.u.e. observés pour l'albacore atlantique de 1967 à 1980. p. 314.

Figure 77 : Ajustement du modèle global généralisé aux données de la figure 76, pour $m = 0, 1$ et 2 , $k = 3$ et 5 et pour diverses périodes d'ajustement. p. 313.

Figure 78 : Production par recrue de la pêche pour des mortalités par pêche accrues (le vecteur F de base est le vecteur moyen 1975-1977) dans les hypothèses F min. et F max., pour $M = 0,4$, $M = 0,6$ et $M = 0,8$. p. 314.

Figure 79 : Schéma des strates retenues dans le modèle de simulation de la pêche d'albacores atlantique et des taux migratoires interstrates. p. 315.

Figure 80 : Facteurs q globaux des canneurs basés à Téma, des canneurs FISM, des grands senneurs FISM et des palangriers. p. 315.

Figure 81 : Organigramme général de la simulation au sein de chaque strate. p. 316.

Figure 82 : Organigramme des calculs réalisés annuellement dans chaque strate. p. 316.

Figure 83 : Prises, p.u.e. et structures démographiques des prises d'une pêcherie d'albacore simulée (§ 9.6.1.) dont l'effort de pêche s'accroît dans la zone côtière (a) ou dans la zone du large (b). p. 317.

Figure 84 : Ajustement du modèle global aux données simulées de la figure 83 pour $k = 3$ et $k = 5$; $m = 0, 1$ et 2 . P. 318.

Figure 85 : Projection des prises, des p.u.e. et des structures démographiques de la prise pour une simulation interdisant la pêche de tous les engins de surface durant le 4ème trimestre. p. 319.

Figure 86 : Projection des prises, des p.u.e. et des structures démographiques de la prise pour une simulation interdisant la pêche de tous les engins de surface durant le 3ème trimestre. p. 320.

Figure 87 : Projection des prises, des p.u.e. et des structures démographiques de la prise pour une simulation interdisant la pêche aux canneurs de Tema et aux grands senneurs dans le secteur côtier durant les 3ème et les 4ème trimestres. p. 321.

Figure 88 : Prise équilibrée à recrutement constant, hypothèse d'un stock pleinement exploité pour divers engins pêchant isolément. p. 323.

Figure 89 : Structure démographique de la population sous-jacente et de la prise de pêcheries qui exploiteraient isolément la population d'albacore à un niveau proche de la PME (de chaque pêcherie). p. 322.

Figure 90 : Projections de la prise totale et de la p.u.e. selon divers taux de migrations interzones. p. 323.

Figure 91 : Organigramme du concept de modélisation et d'aménagement de la pêcherie d'albacore. p. 324.

Tableau 2 : Estimation de l'abondance relative en albacores, dans les 3 secteurs définis sur la figure 21, à partir de la p.u.e. de la pêche palangrière de la période 1957 à 1965 (nombre/1000 hameçons, suivi du pourcentage par zone).

- Hypothèse (1) : l'abondance est nulle dans les carrés non explorés

- Hypothèse (2) : l'abondance dans les carrés non explorés est égale à la moyenne de celle dans les carrés explorés.

| Mois | Hypothèse (1) | | | Hypothèse (2) | | |
|------|---------------|--------------|----------|---------------|--------------|----------|
| | Atl. Ouest | Atl. Central | Atl. Est | Atl. Ouest | Atl. Central | Atl. Est |
| 1 | 7(1) | 175(26) | 482(73) | 93(7) | 312(23) | 953(70) |
| 2 | 201(17) | 310(26) | 679(57) | 775(34) | 572(25) | 936(41) |
| 3 | 155(11) | 414(30) | 792(58) | 527(21) | 988(40) | 954(30) |
| 4 | 277(19) | 465(33) | 686(48) | 558(23) | 624(25) | 828(34) |
| 5 | 307(33) | 297(32) | 331(35) | 961(37) | 780(30) | 846(33) |
| 6 | 633(55) | 293(26) | 216(19) | 806(38) | 754(36) | 558(26) |
| 7 | 620(56) | 261(23) | 233(21) | 713(33) | 1118(52) | 324(15) |
| 8 | 551(53) | 364(35) | 124(38) | 899(38) | 1170(49) | 306(13) |
| 9 | 549(55) | 239(24) | 215(21) | 930(51) | 442(24) | 468(25) |
| 10 | 404(47) | 239(28) | 208(24) | 682(54) | 286(22) | 306(24) |
| 11 | 310(36) | 201(23) | 347(40) | 558(49) | 208(18) | 378(33) |
| 12 | 208(31) | 233(35) | 230(34) | 806(48) | 442(27) | 414(25) |

Tableau 6 : Pourcentage des albacores capturés dans l'Atlantique est et ouest à la palangre ayant dans leurs contenus stomacaux des groupes zoologiques jugés, caractéristiques des faunes profonde et épipélagique - (d'après VALLE et alii 1979).

| <i>% des albacores avec espèces, genre ou famille profonde</i> | <i>Atl. Est</i> | <i>Atl. Ouest</i> |
|--|-----------------|-------------------|
| <i>Paralepiidae</i> | 9.6 | 6.7 |
| <i>Gempylidae</i> | 7.1 | 12.0 |
| <i>Trichiurus</i> | 1.8 | 4.0 |
| <i>Gonostomidae</i> | 6.1 | 2.6 |
| <i>Alepisaurus</i> | 6.1 | 22.7 |
| <i>Bramidae</i> | 11.4 | 22.7 |
| <i>Sternopthychidae</i> | 4.4 | 9.3 |
| <i>Onosudidae</i> | 3.5 | 5.3 |
| <i>Antigonia</i> | 4.4 | 1.3 |
| <i>Cyttus</i> | 1.8 | 0 |
| <i>Myctophidae</i> | 0 | 6.7 |
| <i>Scopelarchidae</i> | 0 | 1.3 |
| <i>Macrouridae</i> | 0 | 1.3 |
| <i>Cephyroberyx</i> | 0 | 5.3 |
| <i>Hypoclydonia</i> | 0 | 1.3 |
| <i>Apogonidae</i> | 0 | 2.7 |
| <i>% des albacores avec espèces, genre ou familles épipélagiques</i> | <i>Atl. Est</i> | <i>Atl. Ouest</i> |
| <i>Vomer</i> | 3.5 | 0 |
| <i>Auxis</i> | 4.4 | 0 |
| <i>Euthynnus</i> | 9 | 0 |
| <i>Holocentrus</i> | 0 | 1.3 |
| <i>Tetraodontidae</i> | 14.1 | 8.0 |
| <i>Scianidae</i> | 1.8 | 0 |
| <i>Exocoetidae</i> | 2.7 | 4.0 |
| <i>Dactylopterus</i> | 2.6 | 0 |
| <i>Canthidermis</i> | 9 | 0 |
| <i>Balistes</i> | 2.6 | 4.0 |
| <i>Echeneis</i> | 5.3 | 0 |
| <i>Coryphaena</i> | 9 | 0 |

Tableaux 8 et 9 : Fréquences de tailles mensuelles des albacores débarqués par la flottille des canneurs de Tema en 1973 et 1974.

Tableau 8 : 1973.

| L.F. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|---|----|----|----|----|----|----|
| 31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 33 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 37 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 5 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 39 | 0 | 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 20 | 16 | 24 | 6 | 0 | 0 |
| 41 | 0 | 0 | 1 | 5 | 0 | 0 | 18 | 57 | 35 | 9 | 4 | 0 |
| 43 | 4 | 2 | 3 | 6 | 7 | 0 | 25 | 79 | 68 | 25 | 12 | 4 |
| 45 | 63 | 1 | 6 | 26 | 11 | 0 | 23 | 60 | 67 | 18 | 4 | 68 |
| 47 | 141 | 3 | 10 | 13 | 5 | 0 | 14 | 32 | 63 | 16 | 5 | 83 |
| 49 | 221 | 64 | 114 | 36 | 20 | 0 | 9 | 11 | 58 | 23 | 4 | 52 |
| 51 | 161 | 120 | 253 | 217 | 66 | 0 | 22 | 2 | 34 | 15 | 3 | 26 |
| 53 | 61 | 47 | 95 | 240 | 180 | 0 | 23 | 1 | 31 | 8 | 6 | 11 |
| 55 | 21 | 11 | 21 | 83 | 123 | 0 | 16 | 4 | 14 | 7 | 4 | 2 |
| 57 | 11 | 12 | 14 | 39 | 53 | 0 | 10 | 23 | 17 | 10 | 2 | 0 |
| 59 | 16 | 11 | 3 | 9 | 20 | 0 | 11 | 30 | 14 | 4 | 4 | 2 |
| 61 | 9 | 12 | 5 | 6 | 20 | 0 | 0 | 17 | 13 | 3 | 8 | 2 |
| 63 | 8 | 5 | 2 | 2 | 6 | 0 | 0 | 10 | 7 | 2 | 2 | 1 |
| 65 | 11 | 9 | 2 | 6 | 6 | 0 | 0 | 3 | 2 | 1 | 8 | 4 |
| 67 | 7 | 7 | 1 | 4 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 3 |
| 69 | 10 | 10 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 4 |
| 71 | 5 | 12 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 8 | 5 |
| 73 | 11 | 6 | 1 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 10 |
| 75 | 9 | 8 | 1 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 11 |

Tableau 9 : 1974.

| L.F. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| 31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 33 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 5 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 | 4 | 1 | 8 | 0 | 5 | 7 | 0 |
| 37 | 0 | 0 | 1 | 0 | 11 | 9 | 6 | 23 | 9 | 22 | 15 | 1 |
| 39 | 0 | 1 | 4 | 0 | 4 | 7 | 17 | 49 | 26 | 56 | 39 | 2 |
| 41 | 1 | 1 | 6 | 2 | 5 | 26 | 36 | 50 | 76 | 64 | 57 | 13 |
| 43 | 1 | 3 | 7 | 9 | 21 | 46 | 33 | 25 | 87 | 83 | 85 | 36 |
| 45 | 14 | 3 | 12 | 27 | 35 | 39 | 32 | 19 | 56 | 105 | 128 | 83 |
| 47 | 74 | 4 | 9 | 15 | 17 | 31 | 22 | 12 | 58 | 106 | 85 | 122 |
| 49 | 214 | 86 | 100 | 37 | 29 | 23 | 13 | 4 | 36 | 101 | 69 | 101 |
| 51 | 193 | 166 | 312 | 184 | 44 | 29 | 15 | 6 | 36 | 66 | 33 | 53 |
| 53 | 76 | 68 | 171 | 254 | 127 | 30 | 15 | 5 | 23 | 42 | 25 | 24 |
| 55 | 28 | 22 | 50 | 115 | 132 | 23 | 22 | 16 | 14 | 26 | 9 | 13 |
| 57 | 15 | 24 | 17 | 49 | 49 | 8 | 16 | 10 | 12 | 14 | 6 | 9 |
| 59 | 22 | 8 | 6 | 13 | 21 | 9 | 9 | 4 | 9 | 19 | 5 | 7 |
| 61 | 18 | 7 | 4 | 15 | 18 | 7 | 13 | 1 | 15 | 37 | 4 | 13 |
| 63 | 8 | 9 | 0 | 4 | 9 | 0 | 2 | 1 | 15 | 19 | 6 | 4 |
| 65 | 15 | 3 | 4 | 3 | 11 | 1 | 1 | 1 | 32 | 26 | 5 | 6 |
| 67 | 11 | 4 | 1 | 4 | 4 | 1 | 2 | 0 | 11 | 19 | 7 | 2 |
| 69 | 14 | 3 | 3 | 0 | 1 | 0 | 2 | 1 | 12 | 3 | 3 | 2 |
| 71 | 12 | 2 | 1 | 1 | 3 | 0 | 2 | 0 | 10 | 7 | 5 | 5 |
| 73 | 12 | 6 | 4 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 | 10 | 3 | 7 |
| 75 | 9 | 5 | 3 | 1 | 4 | 0 | 1 | 0 | 3 | 4 | 4 | 8 |

Tableau 13 : Fréquences de taille mensuelles (par mois de pêche) des albacores capturés par la flottille F.I.S. dans le secteur Pointe Noire. Total des années 1969 à 1977.

| | M O I S | | | | | | | | | | | |
|-------|---------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| LD1 | | | | | | | | | | | | |
| 48 | 270 | 103 | 20 | 29 | 22 | 54 | 42 | 32 | 18 | 85 | 161 | 267 |
| 47 | 319 | 135 | 21 | 14 | 35 | 114 | 81 | 52 | 35 | 118 | 203 | 341 |
| 46 | 103 | 48 | 16 | 9 | 15 | 87 | 44 | 31 | 4 | 12 | 70 | 122 |
| 45 | 228 | 98 | 30 | 21 | 31 | 75 | 43 | 29 | 6 | 30 | 112 | 269 |
| 44 | 297 | 137 | 41 | 27 | 24 | 97 | 50 | 47 | 7 | 64 | 218 | 359 |
| 43 | 426 | 213 | 51 | 20 | 30 | 159 | 81 | 54 | 20 | 91 | 239 | 535 |
| 42 | 559 | 301 | 77 | 50 | 65 | 256 | 133 | 84 | 26 | 154 | 315 | 791 |
| 41 | 640 | 315 | 75 | 67 | 61 | 226 | 142 | 99 | 55 | 205 | 408 | 675 |
| 40 | 742 | 396 | 85 | 97 | 75 | 237 | 197 | 121 | 105 | 356 | 382 | 745 |
| 39 | 615 | 279 | 46 | 94 | 86 | 238 | 206 | 195 | 130 | 338 | 307 | 635 |
| 38 | 522 | 208 | 39 | 35 | 86 | 257 | 222 | 235 | 140 | 281 | 214 | 470 |
| 37 | 381 | 166 | 52 | 41 | 97 | 288 | 270 | 235 | 120 | 221 | 137 | 276 |
| 36 | 295 | 142 | 42 | 42 | 76 | 223 | 240 | 196 | 128 | 196 | 134 | 283 |
| 35 | 210 | 131 | 30 | 24 | 94 | 143 | 247 | 190 | 146 | 273 | 166 | 250 |
| 34 | 145 | 93 | 14 | 30 | 63 | 111 | 206 | 279 | 223 | 323 | 194 | 227 |
| 33 | 92 | 65 | 17 | 20 | 69 | 125 | 248 | 473 | 491 | 360 | 154 | 142 |
| 32 | 71 | 53 | 16 | 19 | 80 | 192 | 373 | 711 | 559 | 291 | 132 | 90 |
| 31 | 44 | 37 | 8 | 23 | 77 | 269 | 571 | 683 | 454 | 192 | 89 | 90 |
| 30 | 33 | 74 | 12 | 27 | 124 | 370 | 696 | 663 | 422 | 158 | 90 | 68 |
| 29 | 36 | 79 | 16 | 40 | 138 | 339 | 554 | 422 | 247 | 109 | 63 | 46 |
| 28 | 37 | 155 | 28 | 95 | 265 | 413 | 454 | 344 | 202 | 73 | 64 | 52 |
| 27 | 51 | 136 | 134 | 143 | 400 | 328 | 347 | 180 | 124 | 59 | 53 | 52 |
| 26 | 48 | 131 | 169 | 291 | 311 | 243 | 281 | 174 | 105 | 94 | 45 | 51 |
| 25 | 82 | 101 | 151 | 221 | 177 | 133 | 215 | 112 | 87 | 63 | 31 | 91 |
| 24 | 297 | 82 | 129 | 171 | 123 | 122 | 155 | 83 | 57 | 49 | 37 | 176 |
| 23 | 376 | 148 | 160 | 124 | 134 | 128 | 131 | 77 | 83 | 89 | 64 | 306 |
| 22 | 279 | 212 | 176 | 103 | 129 | 126 | 143 | 75 | 201 | 155 | 150 | 470 |
| 21 | 318 | 189 | 138 | 52 | 160 | 150 | 150 | 136 | 407 | 357 | 405 | 546 |
| 20 | 358 | 252 | 129 | 80 | 295 | 442 | 350 | 446 | 678 | 886 | 920 | 801 |
| 19 | 323 | 236 | 78 | 156 | 520 | 889 | 695 | 1228 | 1234 | 980 | 686 | 556 |
| 18 | 273 | 263 | 99 | 292 | 591 | 1361 | 1239 | 1755 | 1508 | 649 | 540 | 418 |
| 17 | 254 | 372 | 172 | 543 | 611 | 1082 | 709 | 862 | 686 | 356 | 351 | 436 |
| 16 | 368 | 479 | 204 | 372 | 389 | 455 | 346 | 307 | 338 | 257 | 218 | 469 |
| 15 | 251 | 198 | 38 | 88 | 89 | 134 | 253 | 217 | 226 | 211 | 190 | 394 |
| 14 | 75 | 46 | 2 | 30 | 17 | 87 | 105 | 164 | 204 | 199 | 154 | 300 |
| 13 | 20 | 15 | 1 | 4 | 8 | 41 | 64 | 152 | 115 | 123 | 93 | 95 |
| 12 | 1 | 10 | 1 | 0 | 3 | 24 | 44 | 114 | 52 | 64 | 3 | 30 |
| 11 | 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 3 | 7 | 15 | 10 | 0 | 0 |
| 10 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 9446 | 6098 | 2517 | 3494 | 5571 | 1021 | 10334 | 11265 | 9668 | 8531 | 7792 | 11924 |

Tableau 14 : Estimation des paramètres L_{∞} , k et t_0 de l'équation de VON BERTALANFFY obtenus en fonction de l'intervalle des tailles et de la période d'étude.

| | INTERVALLE Longueur fourche | ZONE | L_{∞} (cm) | k | t_0 (mois) (naissance au 15/1) |
|---|--------------------------------|-----------------|-------------------|-------|-------------------------------------|
| DONNEES DE LE GUEN ET SAKAGAWA (1966 à 1970) | 61 à 170 cm | Pointe Noire | 175.2 | 0.044 | 9.64 |
| | 70 à 170 cm | Pointe Noire | 180.0 | .044 | 12.11 |
| | 70 à 147 cm | Pointe Noire | 161.0 | .063 | 14.62 |
| | 61 à 142 cm | Pointe Noire | 161.8 | .055 | 12.56 |
| PRESENTE ETUDE (DONNEES DE 1969 à 1977) | 70 à 152 cm | Pointe Noire | 166.4 | .72 | 15.50 |
| | 70 à 140 cm | Pointe Noire | 161.2 | .78 | 15.84 |
| | 70 à 156 cm | Dakar | 189.0 | .50 | 15.39 |

Tableau 15.- Table de la correspondance âge et longueur à la fourche, pour l'albacore de l'Atlantique est.

. La date de naissance est estimée au 15 janvier

. La croissance de 6 à 24 mois est estimée d'après le déplacement apparent des modes.

. La croissance à partir de 30 mois est calculée par l'équation de Von Bertalanffy ayant les paramètres suivants :

$$L_{\infty} = 166.4 \text{ cm}, \quad k = .072, \quad t_0 = 15.50$$

| Age (en mois) | Longueur (en cm) |
|---------------|------------------|
| 6 | 42 |
| 12 | 49 |
| 18 | 56 |
| 24 | 67 |
| 30 | 108 |
| 36 | 128 |
| 42 | 142 |
| 48 | 150 |
| 60 | 160 |
| 72 | 163 |
| 84 | 165 |

Tableau 16.- Pourcentage de listao dans la prise de divers engins.

| Année | Canneurs congélateurs JAPON | Canneurs congélateurs FIS | Grands senneurs ESPAGNOLS | Grands senneurs FIS | Grands senneurs USA |
|-------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1966 | 66 | 22 | - | - | - |
| 1967 | 50 | 21 | 73 | - | 30 |
| 1968 | 62 | 29 | 52 | - | 36 |
| 1969 | 52 | 23 | 50 | 9 | 20 |
| 1970 | 64 | 27 | 63 | 26 | 56 |
| 1971 | 78 | 35 | 72 | 45 | 79 |
| 1972 | 68 | 20 | 58 | 44 | 50 |
| 1973 | 58 | 16 | 68 | 23 | 87 |
| 1974 | 66 | 20 | 42 | 42 | 75 |
| 1975 | 71 | - | 34 | 20 | 34 |
| 1976 | 70 | - | 34 | 27 | 50 |
| 1977 | 84 | - | 44 | 37 | 48 |
| 1978 | 88 | - | 43 | 29 | 45 |

Tableau : 17 Prises totales d'albacore par engin et secteur de 1956 à 1980 (en milliers de tonnes)

| | ATLANTIQUE EST | | | | ATLANTIQUE OUEST | | | TOTAL ATLANTIQUE TOUS ENGINS |
|------|----------------|-------|----------|-------|------------------|----------|-------|------------------------------------|
| | CANNE | SENNE | PALANGRE | TOTAL | SURFACE | PALANGRE | TOTAL | |
| 1956 | 5,7 | 0 | 0 | 5,7 | 0,5 | 0,7 | 1,2 | 6,9 |
| 1957 | 9,2 | 0 | 10,8 | 20,0 | 0,5 | 3,0 | 3,5 | 23,5 |
| 1958 | 10,3 | 0 | 14,2 | 24,5 | 0,5 | 15,5 | 16,0 | 40,5 |
| 1959 | 5,8 | 0 | 33,1 | 38,9 | 0,5 | 18,5 | 19,0 | 57,9 |
| 1960 | 11,2 | 0 | 41,0 | 52,2 | 0,5 | 16,5 | 17,0 | 69,2 |
| 1961 | 9,8 | 0 | 40,4 | 50,2 | 1,0 | 8,6 | 9,6 | 59,8 |
| 1962 | 10,6 | 0 | 26,7 | 37,3 | 1,0 | 20,4 | 21,4 | 58,7 |
| 1963 | 18,5 | 0,2 | 26,1 | 44,8 | 1,0 | 20,3 | 21,3 | 66,1 |
| 1964 | 21,1 | 6,8 | 17,8 | 45,7 | 1,0 | 21,6 | 22,6 | 68,3 |
| 1965 | 18,5 | 8,2 | 26,6 | 53,3 | 1,0 | 13,3 | 14,3 | 67,6 |
| 1966 | 15,0 | 15,3 | 11,4 | 41,7 | 2,9 | 15,0 | 17,9 | 59,6 |
| 1967 | 17,4 | 18,0 | 13,7 | 49,1 | 3,2 | 7,2 | 10,4 | 59,5 |
| 1968 | 22,1 | 29,4 | 20,7 | 72,2 | 2,2 | 8,5 | 10,7 | 82,9 |
| 1969 | 16,4 | 45,0 | 19,5 | 80,9 | 2,3 | 11,5 | 13,8 | 94,7 |
| 1970 | 10,3 | 33,7 | 15,7 | 59,7 | 2,4 | 13,9 | 16,3 | 76,0 |
| 1971 | 11,4 | 32,7 | 13,6 | 57,7 | 1,5 | 14,9 | 16,4 | 74,1 |
| 1972 | 13,3 | 47,9 | 18,3 | 79,5 | 3,4 | 11,2 | 14,6 | 94,1 |
| 1973 | 17,2 | 44,4 | 19,2 | 80,8 | 2,3 | 12,3 | 14,6 | 95,4 |
| 1974 | 20,8 | 53,4 | 17,2 | 91,4 | 1,6 | 12,1 | 13,7 | 105,1 |
| 1975 | 7,9 | 83,1 | 14,9 | 105,9 | 2,1 | 12,8 | 14,9 | 120,8 |
| 1976 | 8,6 | 86,1 | 15,2 | 109,9 | 1,2 | 10,1 | 11,3 | 121,2 |
| 1977 | 10,9 | 87,6 | 15,6 | 114,1 | 1,5 | 11,7 | 13,2 | 127,3 |
| 1978 | 9,3 | 97,3 | 11,3 | 117,9 | 5,4 | 8,1 | 13,5 | 131,4 |
| 1979 | 6,8 | 92,8 | 7,2 | 106,8 | 4,1 | 6,8 | 10,9 | 117,7 |
| 1980 | 5,7 | 87,5 | 5,5 | 98,7 | 4,1 | 6,1 | 10,2 | 108,9 |

Tableau 18 : Nombre de thoniers par catégorie et mode de pêche de la flottille F.I.S.M. DE 1969 à 1979
(par année de débarquement).

240

| | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Canneurs glaciers..... | 51 | 45 | 28 | 32 | 26 | 27 | 29 | 28 | 26 | 25 | 26 |
| Canneurs cong. 40 t..... | 11 | 10 | 8 | 7 | 6 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Canneurs cong. 90 t..... | 12 | 13 | 15 | 13 | 9 | 8 | 5 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Senneurs moyens 90 t..... | 14 | 15 | 15 | 15 | 21 | 21 | 17 | 8 | 3 | 1 | 0 |
| Senneurs moyens 200t..... | 6 | 7 | 12 | 14 | 18 | 17 | 14 | 19 | 10 | 12 | 5 |
| Grands senneurs 400 t..... | 4 | 6 | 7 | 7 | 7 | 12 | 17 | 18 | 19 | 18 | 17 |
| Grands senneurs 700 t..... | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 4 | 5 | 5 | 8 | 11 | 12 |
| Grands senneurs + 1 000 t..... | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |

Tableau 19 : Efforts de pêche (en jours de mer) par engin et catégorie (capacité de transport) de la flottille (F.I.S.M. de 1969 à 1979 par année de débarquement).

| | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Canneurs glaciers..... | 6893 | 3835 | 3093 | 3547 | 3682 | 3588 | 3361 | 3044 | 2677 | 2632 | 3106 |
| Canneurs cong. 50 t..... | 2605 | 1834 | 1184 | 1458 | 539 | 663 | 368 | 399 | 456 | 418 | 425 |
| Canneurs cong. 90 t..... | 3067 | 2748 | 3017 | 2263 | 1533 | 1121 | 132 | 26 | 36 | 75 | 158 |
| Senneurs 90 t..... | 3257 | 3769 | 3766 | 3501 | 3513 | 3301 | 1558 | 611 | 305 | 176 | 0 |
| Senneurs 200 t..... | 749 | 1469 | 2149 | 2827 | 3460 | 3303 | 2913 | 2441 | 1899 | 2099 | 949 |
| Grands senneurs 400 t..... | 400 | 1273 | 1727 | 1559 | 1558 | 2485 | 3669 | 5124 | 4775 | 4758 | 4772 |
| Grands senneurs 700 t..... | 93 | 72 | 50 | 214 | 259 | 843 | 1340 | 1298 | 1820 | 2631 | 3177 |
| Grands senneurs + 1000 t..... | 0 | 0 | 0 | 129 | 307 | 361 | 644 | 871 | 692 | 836 | 785 |

Tableau 20 : p.u.e. annuelles (tonnes par jour de mer) en albacore par engin et catégorie pour la flottille F.I.S.M. de 1969 à 1979 par année de débarquement.

| | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 |
|--------------------------------|---------|--------|--------|--------|------|------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Canneurs glaciers..... | 0.81 | 0.60 | 0.91 | .69 | .77 | 1.05 | .76 | 1.22 | 1.10 | .92 | .56 |
| Canneurs cong. 40 t..... | 1.22 | 1.10 | 1.04 | 1.13 | 0.75 | 1.11 | 0.66 | 1.23 | .98 | 1.09 | .64 |
| Canneurs cong. 90 t..... | 1.75 | 1.42 | 1.35 | 1.94 | 1.57 | 1.71 | (0.90) | (1.73) | (1.84) | (2.18) | (.57) |
| Senneurs moyens 90 t..... | 3.06 | 1.96 | 1.93 | 2.28 | 1.93 | 1.82 | 1.89 | 1.61 | 1.70 | (.98) | - |
| Senneurs moyens 200 t..... | 2.41 | 2.70 | 2.92 | 2.87 | 2.76 | 2.80 | 2.45 | 2.41 | 2.37 | 1.71 | 1.86 |
| Grands senneurs 400 t..... | 4.36 | 4.69 | 3.23 | 4.38 | 4.84 | 4.42 | 4.99 | 5.27 | 5.46 | 5.40 | 4.86 |
| Grands senneurs 700 t..... | (12.52) | (4.00) | (5.79) | 6.35 | 6.37 | 6.28 | 8.55 | 7.04 | 7.46 | 7.35 | 6.17 |
| Grands senneurs + 1 000 t..... | - | - | - | (2.64) | 4.62 | 5.25 | 6.48 | 6.35 | 4.56 | 5.71 | 4.64 |

Tableau 21 : p.u.e. annuelles (tonnes par jour de mer en listao) par engin et catégorie, pour la flottille F.I.S.M. de 1969 à 1979 par année de débarquement.

| | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 |
|--------------------------------|--------|--------|-------|--------|------|------|-------|-------|--------|--------|-------|
| Canneurs glaciers..... | .30 | .68 | 1.00 | .65 | .83 | 1.13 | .50 | .57 | .86 | 1.11 | .94 |
| Canneurs cong. 40 t..... | .52 | .47 | .67 | .51 | .39 | .56 | .63 | .72 | 1.06 | 1.00 | .81 |
| Canneurs cong. 90 t..... | .42 | .49 | .73 | .38 | .27 | .29 | (.05) | (.50) | (1.07) | (0.87) | (.60) |
| Senneurs moyens 90 t..... | .89 | 1.10 | 1.53 | 1.43 | .74 | 1.30 | 1.05 | .69 | 2.36 | (1.41) | - |
| Senneurs moyens 200 t..... | .79 | 1.57 | 1.92 | 1.89 | 1.04 | 2.25 | 1.37 | 1.21 | 2.44 | 2.35 | 1.77 |
| Grands senneurs 400 t..... | .48 | 1.46 | 2.78 | 3.43 | 1.34 | 2.94 | 1.40 | 1.68 | 3.46 | 2.06 | 1.96 |
| Grands senneurs 700 t..... | (1.62) | (4.89) | (.37) | 2.76 | 1.83 | 4.60 | 1.49 | 2.54 | 4.39 | 3.38 | 2.07 |
| Grands senneurs + 1 000 t..... | - | - | - | (2.06) | 1.60 | 3.96 | 2.20 | 2.16 | 3.19 | 2.76 | 2.07 |

NOTA : p.u.e. des tableaux 20 et 21 sont égales à la somme des prises annuelles/somme des temps de mer annuels par catégorie. Les p.u.e. entre parenthèses correspondent à des efforts de pêche inférieurs à 200 jours de mer dans l'année.

Tableau 22.- pue moyenne des grands senneurs de 570 et 608 Tx de jauge (cat. 5)

| | | 1975 | 1976 | 1977 |
|--------------------|--------------------------|------|------|-------|
| Senneurs de 570 Tx | Nombre de bateaux..... | 7 | 7 | 7 |
| | pue annuelle moyenne.... | 5,73 | 6,12 | 8,17 |
| Senneurs de 608 Tx | Nombre de bateaux..... | 5 | 6 | 6 |
| | pue annuelle moyenne.... | 7,78 | 7,85 | 10,63 |
| Test t | | 1 % | 5 % | 5 % |

Tableau 23.- Prise par calée, nombre de calées par jour de mer pour un échantillon de senneurs FISM (1977)

| | Nombre de thoniers dans l'échantillon | Prise moyenne par calée | Nombre de calées par jour de pêche | Prise jour de pêche |
|----------------------|---------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|---------------------|
| Senneurs catégorie 4 | 3 | 6,63 t | 0,60 | 3,98 |
| Senneurs catégorie 5 | 5 | 10,98 t | 0,86 | 9,44 |
| Senneurs catégorie 6 | 6 | 13,62 t | 0,86 | 11,71 |

Tableau 29.- Indices d'abondance pour l'albacore estimés d'après les pue moyennes par 1° et quinzaine. SM = senneurs moyens ; GS = grands senneurs; SMGS = moyenne pondérée des pue senneurs moyens et grands senneurs en unités grands senneurs (facteur de standardisation de l'effort SM en effort GS = 0,48). TP = effort exprimé en temps de pêche TR = effort exprimé en temps de recherche en éliminant les temps estimés de senne à l'eau au prorata des prises par 1°- quinzaine.

| | | ENGIN | UNITE TEMPS | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 |
|-----------------|------|-------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ATL. EST COTIER | SM | TP | | 2.99 | 1.59 | 1.37 | 1.74 | 1.19 | 1.43 | 1.18 | 1.44 | 1.30 | 1.09 | 1.53 |
| | GS | TP | | 7.60 | 4.10 | 2.32 | 3.87 | 3.97 | 3.51 | 2.03 | 2.61 | 2.34 | 1.91 | 2.06 |
| | SMGS | TP | | 6.17 | 2.92 | 2.30 | 3.36 | 2.71 | 2.81 | 1.96 | 2.21 | 2.40 | 1.95 | 1.92 |
| | SM | TR | | 3.64 | 2.37 | 1.77 | 2.21 | 1.69 | 1.75 | 1.42 | 1.20 | 1.92 | 1.16 | 2.00 |
| | GS | TR | | 2.94 | 2.86 | 3.29 | 5.32 | 4.70 | 2.39 | 2.25 | 4.23 | 3.97 | 2.54 | 2.32 |
| | SMGS | TR | | 7.64 | 4.04 | 3.07 | 4.65 | 3.35 | 3.48 | 2.64 | 3.12 | 3.81 | 2.57 | 2.15 |
| ATL. EST | SM | TP | | 2.92 | 1.58 | 1.37 | 1.68 | 1.19 | 1.57 | 1.32 | 1.62 | 1.43 | 1.01 | 1.52 |
| | GS | TP | | 5.81 | 4.08 | 2.46 | 4.09 | 3.98 | 3.14 | 2.71 | 2.68 | 3.06 | 2.08 | 2.35 |
| | SMGS | TP | | 5.88 | 2.90 | 2.29 | 3.25 | 2.61 | 2.87 | 2.29 | 2.45 | 2.83 | 2.02 | 2.26 |
| | SM | TR | | 3.53 | 2.33 | 1.73 | 2.09 | 1.60 | 2.16 | 1.82 | 1.23 | 2.11 | 1.07 | 1.94 |
| | GS | TR | | 3.39 | 2.82 | 3.12 | 4.96 | 4.68 | 4.25 | 3.64 | 4.20 | 4.90 | 3.04 | 2.92 |
| | SMGS | TR | | 7.25 | 3.93 | 2.98 | 4.55 | 3.08 | 3.80 | 3.42 | 3.45 | 5.02 | 3.30 | 2.76 |

Tableau 30 (a) : Prises annuelles d'albacore par engin, pêcheries de surface, de 1956 à 1980 (en milliers de tonnes).

| | Atlantique Est | | | | | | | | | | | | TOTAL OUEST | TOTAL SURFACE |
|------|----------------|------|---------|--------|----------------|----------|------|---------|-------|--------|-----------|-------|-------------|---------------|
| | CANNEURS | | | | | SENNEURS | | | | | TOTAL EST | | | |
| | TEMA | FISM | ESPAGNE | DIVERS | TOTAL CANNEURS | USA | FISM | ESPAGNE | JAPON | DIVERS | | TOTAL | | |
| 1956 | 0 | 2.1 | 0 | 3.6 | 5.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.7 | 5 | 6.2 |
| 1957 | 0 | 6.9 | 0 | 2.3 | 9.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9.2 | .5 | 9.7 |
| 1958 | 0 | 8.3 | 0 | 2.0 | 10.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10.3 | .5 | 10.8 |
| 1959 | 0 | 4.5 | 0 | 1.3 | 5.8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.8 | .5 | 6.3 |
| 1960 | 0 | 8.9 | 0 | 2.3 | 11.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.2 | .5 | 11.7 |
| 1961 | 0 | 7.8 | 0 | 2.0 | 9.8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9.8 | 1.0 | 10.8 |
| 1962 | 1.2 | 6.1 | 1.5 | 1.8 | 10.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10.6 | 1.0 | 11.6 |
| 1963 | 0.9 | 13.0 | 2.5 | 2.1 | 18.5 | 0.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | .2 | 18.7 | 1.0 | 19.7 |
| 1964 | 2.1 | 13.2 | 2.2 | 3.6 | 21.1 | 0.1 | 5.8 | 0.5 | 0.4 | 0 | 6.8 | 27.9 | 1.0 | 28.9 |
| 1965 | 1.3 | 12.7 | 2.6 | 1.9 | 18.5 | 0 | 6.5 | 0.6 | 1.1 | 0 | 8.2 | 26.7 | 1.0 | 27.7 |
| 1966 | .5 | 13.0 | 0.2 | 1.3 | 15.0 | 0 | 8.9 | 1.0 | 4.8 | 0.6 | 15.3 | 30.3 | 2.9 | 33.2 |
| 1967 | 1.3 | 14.4 | 0.2 | 1.5 | 17.4 | 1.1 | 9.0 | 2.0 | 5.2 | 0.7 | 18.0 | 35.4 | 3.2 | 38.6 |
| 1968 | 2.2 | 18.6 | 0.2 | 1.1 | 22.1 | 5.9 | 12.7 | 2.6 | 7.5 | 0.7 | 29.4 | 51.5 | 2.2 | 53.7 |
| 1969 | 0.8 | 14.3 | 0.3 | 1.0 | 16.4 | 18.8 | 15.1 | 5.5 | 4.7 | 0.9 | 45.0 | 61.4 | 2.3 | 63.7 |
| 1970 | 1.0 | 7.5 | 0.7 | 1.1 | 10.3 | 9.0 | 17.2 | 6.2 | 1.1 | 0.2 | 33.7 | 44.0 | 2.4 | 46.4 |
| 1971 | 2.5 | 7.6 | 0.4 | 0.9 | 11.4 | 3.8 | 19.2 | 7.3 | 2.0 | 0.4 | 32.7 | 44.1 | 1.5 | 45.6 |
| 1972 | 4.4 | 7.6 | 0.7 | 0.6 | 13.3 | 12.0 | 24.6 | 8.6 | 2.5 | 0.2 | 47.9 | 61.2 | 3.4 | 64.6 |
| 1973 | 10.3 | 5.5 | 0.8 | 1.6 | 17.2 | 3.0 | 26.7 | 12.7 | 1.2 | 0.8 | 44.4 | 61.6 | 2.3 | 63.9 |
| 1974 | 11.2 | 6.3 | 2.0 | 1.3 | 20.8 | 5.6 | 32.9 | 13.7 | 0.8 | 0.4 | 53.4 | 74.2 | 1.6 | 75.8 |
| 1975 | 3.8 | 2.9 | 1.0 | 0.2 | 7.9 | 14.0 | 45.1 | 26.6 | 0.1 | 0.4 | 83.1 | 91.0 | 2.1 | 93.1 |
| 1976 | 3.4 | 3.7 | 0.2 | 1.3 | 8.6 | 1.7 | 50.5 | 33.1 | 0 | 0.8 | 86.1 | 94.7 | 1.2 | 95.9 |
| 1977 | 5.2 | 3.4 | 0.3 | 2.0 | 10.9 | 6.4 | 47.9 | 33.1 | 0 | 0.2 | 87.6 | 98.5 | 1.5 | 100.0 |
| 1978 | 3.4 | 2.8 | 0.2 | 2.9 | 9.3 | 8.1 | 53.7 | 34.9 | 0 | 0.6 | 97.3 | 106.6 | 5.4 | 112.0 |
| 1979 | 3.8 | 2.1 | 0.1 | 0.8 | 6.8 | 2.9 | 48.7 | 40.2 | 0 | 1.0 | 92.8 | 99.6 | 4.1 | 103.7 |
| 1980 | 2.2 | 2.3 | 0.2 | 1.0 | 5.7 | 5.0 | 46.0 | 35.5 | 0 | 1.0 | 87.5 | 93.2 | 4.1 | 97.3 |

Tableau 30 (b) : Prises totales d'albacore par secteur, palangriers, de 1956 à 1980.

| | Atlantique Est | | | | | | Atlantique Ouest | | | | | | TOTAL PALANGRE | |
|------|----------------|------|-------|-------|--------|--------|------------------|--------|------|-------|-------|--------|-------------------|----------------|
| | TAIWAN | CUBA | JAPON | COREE | PANAMA | AUTRES | TOTAL | TAIWAN | CUBA | JAPON | COREE | AUTRES | | TOTAL OUEST |
| 1956 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.7 | 0 | 0 | 0.7 | 0.7 |
| 1957 | 0 | 0 | 10.8 | 0 | 0 | 10.8 | 0 | 0 | 2.4 | 0 | 0.6 | 3.0 | 13.8 | |
| 1958 | 0 | 0 | 14.2 | 0 | 0 | 14.2 | 0 | 0 | 12.9 | 0 | 2.6 | 15.5 | 29.7 | |
| 1959 | 0 | 0 | 33.1 | 0 | 0 | 33.1 | 0 | 0 | 11.0 | 0 | 7.5 | 18.5 | 51.6 | |
| 1960 | 0 | 0 | 41.0 | 0 | 0 | 41.0 | 0 | 0 | 9.8 | 0 | 6.7 | 16.5 | 57.5 | |
| 1961 | 0 | 0 | 40.4 | 0 | 0 | 40.4 | 0 | 0 | 2.2 | 0 | 6.4 | 8.6 | 49.0 | |
| 1962 | .1 | 0 | 26.6 | 0 | 0 | 26.7 | 0 | 0 | 15.4 | 0 | 5.0 | 20.4 | 47.1 | |
| 1963 | .3 | 0 | 23.1 | 0 | 0 | 26.1 | 0.1 | 0 | 14.6 | 0 | 5.6 | 20.3 | 46.4 | |
| 1964 | .3 | 0 | 17.5 | 0 | 0 | 17.8 | 0.1 | 0 | 17.6 | 0 | 3.9 | 21.6 | 39.4 | |
| 1965 | .1 | 0 | 26.5 | 0 | 0 | 26.6 | 0 | 0 | 10.4 | 0 | 2.9 | 13.3 | 39.9 | |
| 1966 | 0.8 | 0 | 10.6 | 0 | 0 | 11.4 | 0.3 | 0 | 11.8 | 0 | 2.9 | 15.0 | 26.4 | |
| 1967 | 1.9 | 0 | 10.1 | 0 | 1.7 | 13.7 | 0.8 | 0 | 2.7 | 0 | 3.6 | 7.2 | 20.9 | |
| 1968 | 6.6 | 0 | 9.8 | 1.6 | 2.7 | 20.7 | 1.3 | 0 | 4.2 | 0.7 | 2.3 | 8.5 | 29.2 | |
| 1969 | 7.0 | 0 | 6.4 | 4.2 | 1.9 | 19.5 | 3.8 | 0 | 3.6 | 1.8 | 2.3 | 11.5 | 31.0 | |
| 1970 | 3.9 | 0 | 2.5 | 9.3 | 0 | 15.7 | 3.2 | 0 | 4.3 | 4.0 | 2.4 | 13.9 | 29.6 | |
| 1971 | 3.4 | 1.7 | 1.6 | 6.9 | 0 | 13.6 | 1.0 | 0 | 9.1 | 2.9 | 1.9 | 14.9 | 28.5 | |
| 1972 | 3.5 | 3.6 | 2.3 | 7.8 | 1.1 | 18.3 | 1.2 | 0 | 4.2 | 3.3 | 2.5 | 11.2 | 29.5 | |
| 1973 | 1.5 | 4.5 | 1.3 | 11.9 | 0 | 19.2 | 1.2 | 0 | 2.5 | 6.4 | 2.2 | 12.3 | 31.5 | |
| 1974 | 1.0 | 3.4 | 0.7 | 12.1 | 0 | 17.2 | 1.3 | 0 | 2.8 | 6.5 | 1.5 | 12.1 | 29.3 | |
| 1975 | 1.3 | 1.7 | 1.7 | 10.2 | 0 | 14.9 | 1.1 | 0.6 | 2.4 | 7.7 | 1.0 | 12.8 | 27.7 | |
| 1976 | 0.6 | 1.8 | 0.3 | 10.9 | 1.6 | 15.2 | 1.1 | 1.2 | 3.1 | 3.5 | 1.2 | 10.1 | 25.3 | |
| 1977 | 0.2 | 2.9 | 0.1 | 10.6 | 1.8 | 15.6 | 0.3 | 0.9 | 1.4 | 7.2 | 1.9 | 11.7 | 27.3 | |
| 1978 | 0.2 | 1.9 | 0.3 | 8.4 | 0.5 | 11.3 | 0.2 | 0.7 | 1.7 | 5.0 | 0.5 | 8.1 | 19.4 | |
| 1979 | 0.2 | 2.8 | 0.4 | 3.1 | 0.7 | 7.2 | 0.8 | 0.7 | 0.2 | 4.4 | 0.7 | 6.8 | 14.0 | |
| 1980 | 0.1 | 2.8 | 0.2 | 1.7 | 0.7 | 5.5 | 0.5 | 0.7 | 1.7 | 2.5 | 0.7 | 6.1 | 11.6 | |

Tableau 31 : Fréquences de taille utilisées pour estimer les prises par âge et par engin de 1957 à 1977 des principales flottilles thonières :

pas de pêcherie durant la période

* mensurations utilisées.

(x) substitution avec l'engin (x)

| PERIODE | CANNEURS | | | SENNEURS | | | | PALANGRIERS | | | | | |
|---------|----------|------|---------|----------|------|---------|-------|-------------|------|-------|-------|--------|-----------|
| | TAIWA | FISM | ESPAGNE | U.S.A. | FISM | ESPAGNE | JAPON | TAIWA | CUBA | JAPON | COREE | BRESIL | VENEZUELA |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 1957-60 | | (2) | | | | | | | | | * | | |
| 1961-64 | | (2) | (2) | | | | | | | | * | | |
| 1965-68 | (2) | * | (2) | * | * | (5) | * | (10) | | * | (10) | | |
| 1969 | (2) | * | | * | * | (5) | * | (10) | | * | (10) | * | * |
| 1970 | (2) | * | | * | * | (5) | * | (10) | | * | (10) | * | * |
| 1971 | (2) | * | | * | * | (5) | * | (10) | (10) | * | (10) | * | * |
| 1972 | * | * | | * | * | (5) | * | (10) | (10) | * | (10) | * | * |
| 1973 | * | * | | * | * | (5) | * | (10) | (10) | * | * | * | (10) |
| 1974 | * | * | | * | * | (5) | * | (10) | * | * | * | * | (10) |
| 1975 | * | * | | * | * | (5) | | * | * | * | * | * | (10) |
| 1976 | * | * | | * | * | (5) | | * | * | * | * | * | (10) |
| 1977 | * | * | | * | * | (5) | | * | * | * | * | * | (10) |

Tableau 28 : Facteurs q ($\times 10^6$) et taux d'exploitation sur la concentration exploitée dans le secteur du cap Lopez du 1.7.1977 au 20.9.1977.

(a) d'après p.u.e. par jour de pêche ; (b) d'après p.u.e. par 10 h de recherche.

| Période 5 jours du 1.7 au 20.9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|-----|------|------|------|-----|------|------|------|-----|
| Facteur q (a)..... | 793 | 1985 | 1005 | 1442 | 857 | 1860 | 2252 | 1029 | 800 |
| (b)..... | 747 | 1859 | 933 | 1329 | 784 | 1691 | 2037 | 925 | 715 |
| Taux d'exploitation(a).. sur 5 jours % | 38 | 148 | 81 | 112 | 69 | 61 | 44 | 76 | 38 |
| (b).. sur 5 jours % | 36 | 140 | 76 | 104 | 63 | 56 | 40 | 69 | 34 |

| Période 5 jours du 1.7 au 20.9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Facteur q (a)..... | 1200 | 1175 | 1341 | 2977 | 2661 | 2365 | 2316 | 1458 |
| (b)..... | 1064 | 1025 | 1148 | 2471 | 2117 | 1806 | 1699 | 1041 |
| Taux d'exploitation(a).. sur 5 jours % | 102 | 139 | 129 | 221 | 185 | 152 | 146 | 34 |
| (b).. sur 5 jours % | 91 | 122 | 111 | 187 | 150 | 119 | 109 | 25 |

Tableau 32 : Limites de tailles trimestrielles entre âges successifs retenues pour décomposer les prises par tailles en prises par âge (en cm de longueur prédorsale).

| | Classe d'âge | | | | | | |
|-------------|--------------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5+ |
| TRIMESTRE 1 | | 10.0 | 21.0 | 30.0 | 36.5 | 41.0 | 48.0 |
| 2 | | 10.0 | 23.0 | 32.0 | 38.0 | 41.5 | 48.0 |
| 3 | 10.0 | 17.0 | 20.0 | 34.0 | 39.0 | 42.5 | 48.0 |
| 4 | 10.0 | 18.0 | 27.0 | 35.5 | 40.0 | 43.5 | 48.0 |

Tableau 33 (a) : Vecteurs des prises annuelles par âge de la période historique (en milliers d'individus) : Atlantique total

| Période | Age | | | | | |
|-----------|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5+ |
| 1957-1960 | 238 | 768 | 490 | 251 | 288 | 325 |
| 1961-1964 | 205 | 1213 | 787 | 483 | 224 | 58 |
| 1965-1968 | 275 | 1676 | 789 | 409 | 319 | 152 |

Tableau 33 (b) : Vecteurs des prises annuelles par âge de la période historique (en milliers d'individus) : Atlantique est.

| Période | Age | | | | | |
|-----------|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5+ |
| 1957-1960 | 238 | 768 | 428 | 147 | 236 | 307 |
| 1961-1964 | 205 | 1213 | 774 | 330 | 112 | 37 |
| 1965-1968 | 275 | 1673 | 717 | 337 | 241 | 125 |

Tableau 33 (c) : Vecteurs de prises trimestrielles par âge durant la période récente 1969 à 1977, en milliers d'individus - Atlantique total.

| Age (An et trimestre) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|------|------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|
| ANNEE | 0 | | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | | 4 | | | | 5+ | | | |
| | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1969 | 120 | 265 | 25 | 76 | 399 | 338 | 537 | 291 | 271 | 184 | 251 | 205 | 227 | 129 | 123 | 64 | 107 | 74 | 40 | 22 | 83 | 22 |
| 1970 | 240 | 369 | 152 | 564 | 847 | 833 | 88 | 96 | 214 | 137 | 117 | 98 | 102 | 63 | 96 | 85 | 99 | 38 | 76 | 43 | 64 | 15 |
| 1971 | 427 | 695 | 590 | 513 | 1285 | 780 | 267 | 316 | 525 | 300 | 49 | 88 | 136 | 38 | 61 | 79 | 66 | 29 | 82 | 60 | 59 | 18 |
| 1972 | 604 | 855 | 700 | 777 | 966 | 589 | 673 | 222 | 643 | 310 | 130 | 153 | 140 | 127 | 64 | 74 | 45 | 49 | 33 | 41 | 37 | 25 |
| 1973 | 1486 | 795 | 539 | 1121 | 888 | 473 | 234 | 174 | 387 | 200 | 127 | 180 | 200 | 96 | 89 | 98 | 65 | 57 | 68 | 16 | 14 | 18 |
| 1974 | 677 | 2198 | 790 | 884 | 744 | 785 | 146 | 207 | 554 | 164 | 158 | 194 | 252 | 93 | 133 | 72 | 90 | 56 | 95 | 28 | 20 | 14 |
| 1975 | 629 | 440 | 636 | 503 | 362 | 314 | 207 | 230 | 489 | 204 | 124 | 93 | 204 | 154 | 200 | 92 | 102 | 117 | 115 | 84 | 61 | 45 |
| 1976 | 1442 | 866 | 311 | 578 | 1227 | 578 | 399 | 193 | 316 | 125 | 103 | 183 | 137 | 94 | 170 | 176 | 80 | 84 | 149 | 128 | 26 | 29 |
| 1977 | 1285 | 1262 | 419 | 578 | 1289 | 787 | 84 | 405 | 491 | 240 | 71 | 162 | 194 | 147 | 207 | 169 | 141 | 78 | 140 | 87 | 40 | 24 |

Tableau 33 (d) : Vecteurs des prises trimestrielles par âge durant la période récente 1969-1977 en milliers d'individus : Atlantique est.

| Année | Age (An trimestre) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------------------|------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|
| | 0 | | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | | 4 | | | | 5+ | | | |
| | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| 1969 | 120 | 265 | 25 | 76 | 399 | 335 | 537 | 276 | 259 | 117 | 235 | 171 | 215 | 122 | 100 | 53 | 75 | 71 | 73 | 18 | 59 | 22 |
| 1970 | 240 | 369 | 152 | 564 | 846 | 815 | 83 | 91 | 94 | 89 | 90 | 53 | 65 | 43 | 80 | 58 | 89 | 35 | 71 | 37 | 61 | 15 |
| 1971 | 427 | 695 | 590 | 513 | 873 | 773 | 261 | 303 | 360 | 212 | 22 | 36 | 88 | 34 | 47 | 49 | 53 | 28 | 77 | 54 | 55 | 18 |
| 1972 | 604 | 855 | 700 | 777 | 942 | 583 | 267 | 211 | 486 | 206 | 97 | 110 | 126 | 125 | 49 | 50 | 44 | 48 | 28 | 36 | 37 | 25 |
| 1973 | 1486 | 795 | 539 | 1121 | 888 | 462 | 221 | 164 | 286 | 116 | 114 | 137 | 146 | 83 | 72 | 75 | 58 | 57 | 67 | 15 | 13 | 18 |
| 1974 | 677 | 2198 | 790 | 884 | 736 | 782 | 131 | 186 | 432 | 99 | 102 | 135 | 211 | 86 | 114 | 62 | 85 | 55 | 94 | 27 | 20 | 14 |
| 1975 | 629 | 440 | 636 | 503 | 362 | 314 | 205 | 222 | 461 | 174 | 91 | 72 | 158 | 136 | 184 | 74 | 78 | 111 | 104 | 73 | 48 | 42 |
| 1976 | 1442 | 866 | 311 | 578 | 1227 | 577 | 396 | 181 | 277 | 99 | 81 | 153 | 101 | 82 | 158 | 157 | 67 | 78 | 146 | 120 | 19 | 27 |
| 1977 | 1285 | 1262 | 419 | 578 | 1289 | 786 | 81 | 393 | 452 | 214 | 49 | 132 | 158 | 135 | 195 | 142 | 128 | 72 | 137 | 79 | 33 | 22 |

Tableau 34.- Analyse de cohortes (M =,6):potentiels d'accroissement de la production par recrue selon le niveau du recrutement pour des facteurs multiplicatifs des vecteurs F inférieurs ou égaux à 2,5 (facteurs entre parenthèses). (Une croix indique qu'il n'y a pas de solution à l'analyse des cohortes).

| RECRUTEMENT (MILLIONS) à 6 mois | C O H O R T E | | | | |
|---------------------------------|---------------|------------|------------|------------|-------------|
| | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 |
| 15 | X | X | X | X | X |
| 20 | 1.07(1.50) | X | X | X | X |
| 25 | 1.19(2.25) | 1.07(1.50) | 1.02(1.25) | 1.02(1.25) | X |
| 30 | 1.37(+2.5) | 1.21(2.25) | 1.13(2.0) | 1.14(2.0) | 1.05(1.5) |
| 35 | 1.51(+2.5) | 1.37(+2.5) | 1.27(+2.5) | 1.27(2.5) | 1.166(2.0) |
| 40 | 1.63(+2.5) | 1.49(+2.5) | 1.40(+2.5) | 1.41(+1.5) | 1.29 (+2.0) |
| 50 | 1.79(+2.5) | 1.67(+2.5) | 1.60(+2.5) | 1.60(+2.5) | 1.50 (+2.5) |
| 60 | 1.90(+2.5) | 1.81(+2.5) | 1.74(+2.5) | 1.74(+2.5) | 1.65 (+2.5) |

Tableau 35.- Taux trimestriels de mortalité par pêche dans l'hypothèse F max. (recrutement constant = 30 millions à l'âge 6 mois), Atlantique est. (Par année de pêche).

| T | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| AGE TRIM. | | | | | | | | | |
| 0 3 | .017 | .035 | .062 | .088 | .219 | .098 | .091 | .212 | |
| 0 4 | .045 | .063 | .119 | .148 | .142 | .394 | .076 | .155 | |
| 1 1 | | .030 | .119 | .144 | .112 | .171 | .142 | .063 | .090 |
| 1 2 | | .132 | .124 | .194 | .385 | .234 | .135 | .140 | .148 |
| 1 3 | .052 | .241 | .256 | .291 | .282 | .240 | .116 | .368 | .412 |
| 1 4 | | .288 | .282 | .223 | .180 | .318 | .121 | .216 | .320 |
| 2 1 | | | .113 | .119 | .102 | .061 | .102 | .184 | .036 |
| 2 2 | | | .157 | .113 | .090 | .103 | .132 | .101 | .212 |
| 2 3 | .156 | .042 | .228 | .318 | .318 | .292 | .338 | .186 | .302 |
| 2 4 | | | .164 | .166 | .093 | .082 | .158 | .080 | .176 |
| 3 1 | | | | .090 | .111 | .097 | .089 | .088 | .046 |
| 3 2 | | | | .121 | .160 | .154 | .084 | .200 | .150 |
| 3 3 | .196 | .067 | .040 | .168 | .207 | .295 | .221 | .161 | .218 |
| 3 4 | | | | .202 | .143 | .148 | .234 | .158 | .229 |
| 4 1 | | | | | .141 | .239 | .392 | .340 | .471 |
| 4 2 | | | | | .178 | .159 | .197 | .432 | .447 |
| 4 3 | .156 | .152 | .100 | .179 | .167 | .267 | .256 | .233 | .528 |
| 4 4 | | | | | .200 | .213 | .462 | .338 | .387 |
| 5 1 | | | | | | .413 | .512 | .828 | .793 |
| 5 2 | | | | | | .148 | .473 | .992 | .636 |
| 5 3 | .147 | .211 | .282 | .156 | .110 | .132 | .402 | .213 | .349 |
| 5 4 | | | | | | .110 | .456 | .378 | .293 |

Tableau 36 : Populations sous-jacentes dans l'hypothèse F max.
(R = 30 millions), Atlantique est.

| | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| AGE | | | | | | | | | |
| 3 | 27800 | 27741 | 27650 | 27563 | 27128 | 27527 | 27551 | 27149 | |
| 4 | 23745 | 23591 | 23270 | 23039 | 22310 | 22307 | 23222 | 22313 | |
| 1 | | 20247 | 19854 | 19381 | 19191 | 18466 | 17935 | 19642 | 18620 |
| 2 | | 17083 | 16578 | 15993 | 15729 | 15113 | 14912 | 16486 | 15559 |
| 1 | 16157 | | | | | | | | |
| 3 | | 14040 | 13614 | 12961 | 12612 | 12260 | 12437 | 13329 | 12500 |
| 4 | | 11313 | 10956 | 10458 | 10241 | 9845 | 10392 | 10656 | 9813 |
| 1 | | | 9255 | 8962 | 8639 | 8539 | 8033 | 8612 | 8880 |
| 2 | | | 7702 | 7493 | 7258 | 7209 | 6715 | 7151 | 7414 |
| 2 | 7614 | 8457 | | | | | | | |
| 3 | | | 6320 | 6117 | 6035 | 5910 | 5455 | 5939 | 5987 |
| 4 | | | 5178 | 4953 | 5012 | 4851 | 4409 | 4942 | 4851 |
| 1 | | | | 4317 | 4117 | 4213 | 4087 | 3679 | 4186 |
| 2 | | | | 3619 | 3426 | 3515 | 3442 | 3056 | 3517 |
| 3 | 3749 | 3717 | 4453 | | | | | | |
| 3 | | | | 3005 | 2817 | 2862 | 2854 | 2514 | 2892 |
| 4 | | | | 2470 | 2320 | 2330 | 2320 | 2079 | 2353 |
| 1 | | | | | 2036 | 1904 | 1876 | 1860 | 1657 |
| 2 | | | | | 1684 | 1559 | 1499 | 1454 | 1271 |
| 4 | 1922 | 1724 | 1880 | 2208 | | | | | |
| 3 | | | | | 1388 | 1273 | 1219 | 1151 | 969 |
| 4 | | | | | 1141 | 1031 | 960 | 923 | 743 |
| 1 | | | | | | 911 | 812 | 705 | 691 |
| 2 | | | | | | 730 | 618 | 484 | 497 |
| 5 | | 881 | 768 | 910 | 1044 | | | | |
| 3 | | | | | | 607 | 476 | 357 | 378 |
| 4 | | | | | | 506 | 368 | 285 | 300 |

Tableau 37 : Taux trimestriels de mortalité par pêche dans l'hypothèse F min. (Recrutement constant = 50 millions à l'âge 6 mois) $M = 0.6.$, Atlantique est

| | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 3 | .010 | .021 | .037 | .052 | .130 | .059 | .055 | .126 | |
| 0 | | | | | | | | | |
| 4 | .027 | .037 | .071 | .088 | .083 | .230 | .045 | .090 | |
| 1 | | .018 | .070 | .084 | .065 | .098 | .080 | .037 | .052 |
| 2 | | .078 | .072 | .111 | .163 | .131 | .075 | .082 | .084 |
| 1 | .030 | | | | | | | | |
| 3 | | .140 | .147 | .163 | .156 | .131 | .063 | .209 | .227 |
| 4 | | .162 | .157 | .121 | .097 | .168 | .065 | .119 | .169 |
| 1 | | | .062 | .065 | .055 | .055 | .053 | .098 | .020 |
| 2 | | | .085 | .060 | .048 | .054 | .067 | .053 | .113 |
| 2 | .087 | .024 | | | | | | | |
| 3 | | | .121 | .166 | .098 | .150 | .167 | .096 | .156 |
| 4 | | | .085 | .084 | .047 | .041 | .075 | .040 | .088 |
| 1 | | | | .046 | .055 | .049 | .044 | .041 | .023 |
| 2 | .103 | .035 | .023 | .061 | .078 | .076 | .041 | .092 | .074 |
| 3 | | | | .083 | .099 | .142 | .107 | .072 | .106 |
| 4 | | | | .098 | .067 | .069 | .110 | .069 | .108 |
| 1 | | | | | .067 | .109 | .177 | .153 | .198 |
| 2 | | | | | .082 | .070 | .086 | .184 | .176 |
| 4 | .079 | .073 | .051 | .097 | | | | | |
| 3 | | | | | .076 | .115 | .107 | .094 | .193 |
| 4 | | | | | .088 | .089 | .184 | .131 | .131 |
| 1 | | | | | | .174 | .202 | .299 | .282 |
| 5 | | | | | | .060 | .173 | .308 | .201 |
| 2 | .071 | .098 | .122 | .074 | .056 | | | | |
| 3 | | | | | | .052 | .137 | .059 | .101 |
| 4 | | | | | | .049 | .144 | .100 | .080 |

Tableau 38 : Populations sous-jacentes dans l'hypothèse F min., Atlantique
est. (R constant = 50 millions, M = 0,6) ,en milliers d'individus

| | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | |
|---|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 3 | 46372 | 46314 | 46222 | 46136 | 45702 | 46100 | 46123 | 45724 | |
| | 4 | 39731 | 39577 | 39256 | 39025 | 38296 | 38299 | 39207 | 38299 | |
| 1 | 1 | 36805 | 34006 | 33613 | 33140 | 32950 | 32226 | 31694 | 33400 | 32379 |
| | 2 | | 28926 | 28421 | 27836 | 27573 | 26957 | 26754 | 28328 | 27402 |
| | 3 | | 24234 | 23808 | 23155 | 22806 | 22453 | 22621 | 23525 | 22697 |
| | 4 | | 20088 | 19730 | 19232 | 19014 | 18619 | 19164 | 19429 | 18587 |
| 2 | 1 | 13732 | 19591 | 16805 | 16513 | 16189 | 16099 | 15583 | 16163 | 16430 |
| | 2 | | | 14202 | 13992 | 13757 | 13708 | 13214 | 13649 | 13914 |
| | 3 | | | 11914 | 11712 | 11628 | 11505 | 11049 | 11533 | 11581 |
| 3 | 1 | 7107 | 7070 | 10492 | 8460 | 8260 | 8357 | 8230 | 7823 | 8330 |
| | 2 | | | | 7185 | 6993 | 7082 | 7009 | 6622 | 7083 |
| | 3 | | | | 6075 | 5887 | 5933 | 5923 | 5583 | 5961 |
| | | | | | 5112 | 4962 | 4972 | 4962 | 4721 | 4996 |
| 4 | 1 | 3763 | 3565 | 3720 | 5627 | 4310 | 4179 | 4151 | 4134 | 3932 |
| | 2 | | | | | 3641 | 3516 | 3456 | 3412 | 3229 |
| | 3 | | | | | 3073 | 2958 | 2904 | 2835 | 2654 |
| | 4 | | | | | 2591 | 2481 | 2411 | 2373 | 2193 |
| 5 | 1 | 1892 | 1779 | 1920 | 2801 | 2159 | 2060 | 1954 | 1940 | |
| | 2 | | | | | 1804 | 1692 | 1559 | 1572 | |
| | 3 | | | | | 1531 | 1401 | 1281 | 1302 | |
| | 4 | | | | | 1302 | 1164 | 1081 | 1095 | |

Tableau 39 : Recrutement variable - Taux trimestriels de mortalité par pêche dans l'hypothèse F max., Atlantique est.

| | | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 |
|---|---|--------|--------|-------|------|------|-------|--------|
| 0 | 3 | .075 | .102 | .194 | .199 | .111 | .148 | (.148) |
| | 4 | .146 | .174 | .126 | .853 | .092 | .106 | (.106) |
| 1 | 1 | .084 | .178 | .132 | .150 | .334 | .077 | .061 |
| | 2 | .087 | .242 | .339 | .204 | .334 | .172 | .100 |
| | 3 | .177 | .367 | .339 | .208 | .302 | .460 | .271 |
| | 4 | .191 | .287 | .220 | .273 | .329 | .276 | .204 |
| 2 | 1 | .106 | .079 | .133 | .075 | .087 | .537 | .047 |
| | 2 | .147 | .074 | .118 | .127 | .112 | .318 | .275 |
| | 3 | .213 | .206 | .251 | .365 | .284 | .636 | .399 |
| | 4 | .152 | .105 | .124 | .103 | .131 | .297 | .238 |
| 3 | 1 | .076 | .083 | .069 | .131 | .113 | .073 | .181 |
| | 2 | .148 | .113 | .099 | .210 | .107 | .165 | .627 |
| | 3 | .453 | .155 | .126 | .412 | .286 | .131 | 1.075 |
| | 4 | .221 | .186 | .085 | .211 | .308 | .128 | 1.459 |
| 4 | 1 | | .401 | .130 | .140 | .578 | .457 | .375 |
| | 2 | (.156) | .533 | .163 | .091 | .302 | .602 | .348 |
| | 3 | | .630 | .152 | .149 | .404 | .336 | .400 |
| | 4 | | .974 | .181 | .116 | .771 | .504 | .285 |
| 5 | 1 | | | 2.357 | .372 | .267 | 1.567 | 1.280 |
| | 2 | | | .941 | .132 | .232 | 2.441 | 1.165 |
| | 3 | (.147) | (.211) | 1.242 | .118 | .187 | .676 | .718 |
| | 4 | | | 3.484 | .098 | .199 | 1.446 | .661 |

Tableau 40 : Recrutement variable - Taux trimestriels de mortalité par pêche dans l'hypothèse F. min., Atlantique est.

| ANS | TRIM. | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 |
|-----|-------|---------|--------|------|------|------|------|--------|
| 0 | 3 | .037 | .051 | .096 | .154 | .057 | .073 | (.073) |
| | 4 | .071 | .085 | .061 | .640 | .047 | .052 | (.052) |
| 1 | 1 | .041 | .085 | .063 | .071 | .241 | .039 | .029 |
| | 2 | .042 | .113 | .157 | .095 | .234 | .086 | .048 |
| | 3 | .084 | .165 | .151 | .094 | .207 | .221 | .126 |
| | 4 | .089 | .123 | .094 | .119 | .220 | .126 | .092 |
| 2 | 1 | .048 | .036 | .055 | .031 | .037 | .346 | .021 |
| | 2 | .066 | .034 | .048 | .052 | .047 | .197 | .120 |
| | 3 | .092 | .092 | .100 | .145 | .116 | .376 | .166 |
| | 4 | .064 | .045 | .048 | .039 | .052 | .167 | .094 |
| 3 | 1 | .029 | .035 | .029 | .049 | .043 | .028 | .099 |
| | 2 | .056 | .046 | .042 | .077 | .039 | .063 | .328 |
| | 3 | .164 | .062 | .053 | .144 | .103 | .049 | .506 |
| | 4 | .076 | .035 | .070 | .105 | .105 | .047 | .574 |
| 4 | 1 | (.051) | .130 | .049 | .057 | .180 | .147 | .132 |
| | 2 | | .160 | .061 | .036 | .087 | .176 | .115 |
| | 3 | | .171 | .055 | .058 | .109 | .090 | .124 |
| | 4 | | .228 | .064 | .044 | .187 | .125 | .083 |
| 5 | 1 | (1.122) | (.074) | .399 | .126 | .099 | .305 | .269 |
| | 2 | | | .111 | .043 | .083 | .314 | .191 |
| | 3 | | | .115 | .037 | .065 | .061 | .096 |
| | 4 | | | .192 | .031 | .067 | .102 | .076 |

Tableau 41 : Résultats de l'analyse des cohortes dans la période historique.
Taux de mortalité par pêche dans l'hypothèse F min. (Recrutement = 50 millions)
M = 0.6 (Atlantique est).

| | Année | | | | | | | | | | | |
|--------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 |
| 0 | .011 | .011 | .011 | .011 | .009 | .009 | .009 | .009 | .013 | .016 | .013 | .013 |
| 1 | .028 | .028 | .028 | .028 | .045 | .045 | .045 | .045 | .062 | .062 | .078 | .062 |
| 2 | .028 | .029 | .029 | .029 | .054 | .054 | .054 | .054 | .050 | .051 | .051 | .066 |
| 3 | .018 | .018 | .018 | .019 | .043 | .044 | .044 | .044 | .045 | .045 | .046 | .046 |
| 4 | .052 | .053 | .055 | .057 | .026 | .027 | .028 | .028 | .062 | .062 | .062 | .063 |
| 5+ | .129 | .136 | .139 | .143 | .017 | .016 | .017 | .017 | .061 | .062 | .063 | .062 |
| Moyen. | .044 | .046 | .047 | .048 | .032 | .032 | .033 | .033 | .049 | .050 | .052 | .052 |

Tableau 42 : Résultats de l'analyse des cohortes dans la période historique :
Taux de mortalité par pêche dans l'hypothèse F max. (Recrutement = 30 millions)
M = 0.6 (Atlantique est).

| | Année | | | | | | | | | | | |
|--------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 |
| 0 | .018 | .018 | .018 | .018 | .016 | .016 | .016 | .016 | .021 | .021 | .021 | .021 |
| 1 | .046 | .047 | .047 | .047 | .076 | .076 | .076 | .076 | .106 | .106 | .106 | .106 |
| 2 | .048 | .050 | .050 | .050 | .093 | .096 | .096 | .096 | .088 | .091 | .091 | .091 |
| 3 | .029 | .031 | .033 | .033 | .075 | .079 | .081 | .083 | .083 | .082 | .085 | .086 |
| 4 | .089 | .092 | .096 | .102 | .047 | .050 | .052 | .054 | .119 | .120 | .119 | .123 |
| 5 | .223 | .247 | .256 | .272 | .031 | .039 | .031 | .033 | .119 | .128 | .128 | .127 |
| Moyen. | .075 | .081 | .083 | .087 | .056 | .058 | .059 | .059 | .089 | .091 | .092 | .092 |

Tableau 43 : Résultats de l'analyse des cohortes dans la période historique : Populations sous-jacentes par âge durant la période 1956 à 1968 dans l'hypothèse F. min. (Recrutement = 50 millions), $M = 0,6$ (en millions)

| | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0 | 43.1 | 43.1 | 43.1 | 43.1 | 43.1 | 43.1 | 43.1 | 43.1 | 43.1 | 43.1 | 43.1 | 43.1 |
| 1 | 27.5 | 27.3 | 27.3 | 27.3 | 27.2 | 27.2 | 27.2 | 27.2 | 26.9 | 26.9 | 26.9 | 26.9 |
| 2 | 15.1 | 14.7 | 14.6 | 14.5 | 14.4 | 14.2 | 14.1 | 14.2 | 14.2 | 14.0 | 13.9 | 13.9 |
| 3 | 8.3 | 8.1 | 7.8 | 7.7 | 7.5 | 7.4 | 7.4 | 7.4 | 7.4 | 7.4 | 7.3 | 7.3 |
| 4 | 4.5 | 4.4 | 4.3 | 4.2 | 4.2 | 4.1 | 4.0 | 3.9 | 3.9 | 3.8 | 3.9 | 3.8 |
| 5 | 2.4 | 2.3 | 2.2 | 2.1 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.1 | 2.1 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |

Tableau 44 : Résultats de l'analyse des cohortes dans la période historique : Populations sous-jacentes par âge durant la période 1956 à 1968 dans l'hypothèse F max. (Recrutement = 30 millions), $M = 0,6$ (en millions)

| | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0 | 25.8 | 25.8 | 25.8 | 25.8 | 25.8 | 25.8 | 25.8 | 25.8 | 25.8 | 25.8 | 25.8 | 25.8 |
| 1 | 16.4 | 16.2 | 16.2 | 16.2 | 16.0 | 16.0 | 16.0 | 16.0 | 15.8 | 15.8 | 15.7 | 15.8 |
| 2 | 9.0 | 8.6 | 8.5 | 8.5 | 8.3 | 8.1 | 8.1 | 8.1 | 8.1 | 7.8 | 7.8 | 7.8 |
| 3 | 5.0 | 4.7 | 4.5 | 4.4 | 4.4 | 4.2 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.1 | 3.9 | 3.9 |
| 4 | 2.6 | 2.6 | 2.4 | 2.3 | 2.3 | 2.3 | 2.1 | 2.1 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| 5 | 1.4 | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |

Tableau 45.- Vecteurs de mortalité par âge (M) retenus dans l'analyse de sensibilité de l'analyse des cohortes aux erreurs sur M.

| | A G E | | | | | | M moyen |
|----|-------|----|----|----|----|----|---------|
| | 0 | 1 | 3 | 3 | 4 | 5+ | |
| M1 | 1.2 | .9 | .4 | .4 | .6 | .8 | .67 |
| M2 | 1.2 | .9 | .4 | .3 | .2 | .2 | .47 |
| M3 | .4 | .5 | .6 | .7 | .8 | .9 | .67 |
| M4 | 1.2 | .9 | .7 | .6 | .5 | .5 | .65 |
| M5 | .4 | .4 | .4 | .4 | .4 | .4 | .40 |
| M6 | .6 | .6 | .6 | .6 | .6 | .6 | .60 |
| M7 | .8 | .8 | .8 | .8 | .8 | .8 | .80 |

Tableau 46.- Choix du recrutement correspondant aux hypothèses F min. et F max., dans le cas d'une mortalité naturelle variable selon l'âge (tableau 45) : potentiel d'accroissement de la production par recrue pour des facteurs multiplicatifs de F inférieurs à 25.

| Type M. | RECRUTEMENT | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 80 | 70 | 65 | 60 | 55 | 50 | 45 | 40 | 35 | 30 | 25 | 20 | 15 |
| 1 | 1.81 | 1.72 | 1.67 | 1.60 | 1.53 | 1.44 | 1.31 | 1.23 | 1.12 | 1.02 | - | - | - |
| 2 | 1.83 | 1.74 | 1.69 | 1.62 | 1.55 | 1.47 | 1.37 | 1.25 | 1.14 | 1.04 | 1.0 | - | - |
| 3 | 2.11 | 2.05 | 2.02 | 1.98 | 1.94 | 1.88 | 1.82 | 1.74 | 1.64 | 1.51 | 1.34 | 1.13 | - |
| 4 | 1.72 | 1.62 | 1.56 | 1.49 | 1.41 | 1.32 | 1.21 | 1.11 | 1.02 | - | - | - | - |
| 5 | 2.18 | 2.13 | 2.11 | 1.07 | 1.04 | 1.99 | 1.94 | 1.87 | 1.79 | 1.68 | 1.53 | 1.32 | 1.08 |
| 6 | 2.05 | 1.98 | 1.95 | 1.90 | 1.79 | 1.79 | 1.72 | 1.63 | 1.52 | 1.37 | 1.20 | 1.03 | - |
| 7 | 1.84 | 1.75 | 1.70 | 1.64 | 1.57 | 1.49 | 1.40 | 1.28 | 1.15 | - | - | - | - |

(a)
classe
69

| Type M. | RECRUTEMENT | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|
| | 80 | 70 | 65 | 60 | 55 | 50 | 45 | 40 | 35 | 30 | 25 | 20 | 15 |
| 1 | 1.59 | 1.48 | 1.33 | 1.16 | 1.24 | 1.16 | 1.08 | 1.02 | 1.0 | - | - | - | - |
| 2 | 1.62 | 1.51 | 1.44 | 1.36 | 1.28 | 1.19 | 1.11 | 1.04 | 1.0 | 1.0 | - | - | - |
| 3 | 1.92 | 1.84 | 1.79 | 1.74 | 1.68 | 1.60 | 1.51 | 1.40 | 1.27 | 1.13 | 1.01 | - | - |
| 4 | 1.47 | 1.34 | 1.27 | 1.19 | 1.11 | 1.05 | 1.00 | - | - | - | - | - | - |
| 5 | 2.02 | 1.96 | 1.92 | 1.87 | 1.82 | 1.75 | 1.68 | 1.58 | 1.46 | 1.31 | 1.15 | 1.02 | - |
| 6 | 1.85 | 1.77 | 1.72 | 1.65 | 1.59 | 1.50 | 1.41 | 1.29 | 1.17 | 1.05 | - | - | - |
| 7 | 1.58 | 1.47 | 1.40 | 1.32 | 1.24 | 1.14 | - | - | - | - | - | - | - |

(b)
classe
73

Tableau 47 : Résultats de l'analyse des cohortes pour divers vecteurs M. (Tableau 45) pour les cohortes 1969 et 1973 : Populations sous-jacentes de 6 mois à 5 ans selon les deux hypothèses F min. et F max. et selon l'hypothèse relative à M.

| Age | M. type 1 | | | | M. type 2 | | | | M. type 3 | | | |
|---------|-----------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|--------|
| | 69 Min. | 69 Max. | 73 Min. | 73 Max. | 69 Min. | 69 Max. | 73 Min. | 73 Max. | 69 Min. | 69 Max. | 73 Min. | 73Max. |
| 6 mois | 70000 | 45000 | 70000 | 45000 | 70000 | 4500 | 70000 | 45000 | 45000 | 30000 | 45000 | 30000 |
| 12 mois | 38114 | 24393 | 36792 | 23072 | 38114 | 24393 | 36792 | 23072 | 36488 | 24207 | 34809 | 22528 |
| 24 mois | 13778 | 2801 | 12877 | 73000 | 13778 | 8201 | 12877 | 7300 | 20155 | 12707 | 18614 | 11165 |
| 36 mois | 8305 | 4567 | 7753 | 4015 | 8305 | 4567 | 7753 | 4015 | 10216 | 6128 | 9413 | 5326 |
| 48 mois | 5186 | 2680 | 4856 | 2350 | 5754 | 2984 | 5385 | 2616 | 4738 | 2709 | 4379 | 2350 |
| 60 mois | 2653 | 1278 | 2284 | 909 | 4475 | 2207 | 3931 | 1664 | 1954 | 1042 | 1626 | 714 |

| Age | M. type 4 | | | | M. type 5 | | | | M. type 7 | | | |
|---------|-----------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|-----------|--------|---------|--------|
| | 69 Min. | 69 Max. | 73 Min. | 73 Max. | 69 Min. | 69 Max. | 73 Min. | 73 Max. | 69 Min. | 69Max. | 73 Min. | 73Max. |
| 6 mois | 80000 | 55000 | 80000 | 55000 | 35000 | 25000 | 35000 | 25000 | 70000 | 50000 | 70000 | 50000 |
| 12 mois | 43602 | 29881 | 42280 | 28560 | 28301 | 20113 | 26622 | 18435 | 46595 | 33188 | 45106 | 31700 |
| 24 mois | 16009 | 10432 | 15109 | 9531 | 16922 | 11434 | 15225 | 9737 | 19159 | 13135 | 18091 | 12068 |
| 36 mois | 7143 | 4374 | 6736 | 3966 | 10412 | 6734 | 9326 | 5648 | 7838 | 5132 | 7395 | 4689 |
| 48 mois | 3571 | 2051 | 3387 | 1867 | 6598 | 4133 | 5911 | 3445 | 3201 | 1985 | 3041 | 1825 |
| 60 mois | 1963 | 1041 | 1651 | 730 | 4210 | 2557 | 3536 | 1883 | 1267 | 717 | 1025 | 479 |

Tableau 48 : Résultats de l'analyse des cohortes pour divers vecteurs M (tab. 45) pour les cohortes 1969 et 1973.
Taux de mortalité par pêche des classes 1969 et 1973 selon les deux hypothèses F min. et F max. et selon l'hypothèse relative à M.

| Age (mois) | M type 1 | | | | M type 2 | | | | M type 3 | | | |
|------------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|
| | 69 Min. | 69 Max. | 73 Min. | 73 Max. | 69 Min. | 69 Max. | 73 Min. | 73 Max. | 69 Min. | 69 Max. | 73 Min. | 73 Max. |
| 6 - 12mois | .016 | .025 | .086 | .136 | .015 | .025 | .086 | .136 | .019 | .029 | .113 | .173 |
| 12 - 24 | .117 | .190 | .149 | .251 | .117 | .190 | .149 | .251 | .093 | .144 | .126 | .202 |
| 24 - 36 | .106 | .185 | .107 | .198 | .106 | .248 | .107 | .198 | .079 | .129 | .082 | .165 |
| 36 - 48 | .070 | .130 | .068 | .135 | .067 | .125 | .064 | .128 | .068 | .116 | .065 | .118 |
| 48 - 60 | .070 | .141 | .154 | .350 | .051 | .101 | .114 | .252 | .086 | .156 | .191 | .391 |
| 60 - 72 | .079 | .171 | .169 | .494 | .037 | .078 | .076 | .191 | .113 | .223 | .257 | .725 |

| Age (mois) | M. type 4 | | | | M type 5 | | | | M type 7 | | | |
|------------|-----------|--------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|
| | 69Min. | 69Max. | 73 Min. | 73 Max. | 69 Min. | 69 Max. | 73 Min. | 73 Max. | 69 Min. | 69 Max. | 73 Min. | 73 Max. |
| 6 - 12mois | .014 | .052 | .075 | .136 | .025 | .035 | .147 | .209 | .014 | .020 | .079 | .111 |
| 12 - 24 | .102 | .152 | .129 | .251 | .114 | .165 | .159 | .238 | .089 | .126 | .114 | .166 |
| 24 - 36 | .107 | .207 | .108 | .237 | .085 | .129 | .090 | .145 | .094 | .139 | .095 | .145 |
| 36 - 48 | .093 | .157 | .087 | .220 | .056 | .088 | .056 | .094 | .095 | .149 | .088 | .143 |
| 48 - 60 | .098 | .178 | .218 | .748 | .049 | .080 | .114 | .204 | .130 | .218 | .288 | .539 |
| 60 - 72 | .097 | .191 | .215 | 2.126 | .043 | .071 | .091 | .179 | .173 | .328 | .426 | 1.346 |

Tableau 49 : Hypothèses relatives à l'identité des stocks et aux pêcheries employées dans la génération par simulation des vecteurs de prises traitées ensuite par analyse des cohortes : 4 sous-stocks, Ouest et Est de surface, et Est et Ouest de profondeur.

H1 : T1, Rec. Atl. Est = 30 M ; Pêche surface Est seul. ; LL = E et W
 H2 : T2, Rec. Atl. Est = 30 M ; Pêche surface Est seul. ; LL = E et W
 H3 : T3, Rec. Atl. Est = 30 M ; Pêche surface Est seul. ; LL = E et W
 H4 : T1, Rec. Atl. Est = 20 M : Ouest = 10 M, pêche surf. Est seul ; LL : E et W
 H5 : T2, Rec. Atl. Est = 20 M : Ouest = 10 M, pêche surf. Est seul ; LL : E et W
 H6 : T3, Rec. Atl. Est = 20 M : Ouest = 10 M, pêche surf. Est seul ; LL : E et W
 H7 : T1, Rec. Atl. Est = 20 M : Ouest = 10, pêche surf. Est et West(50/50); LL : E et W
 H8 : T2, Rec. Atl. Est = 20 M : Ouest = 10, pêche surf. Est et West(50/50); LL : E et W
 H9 : T3, Rec. Atl. Est = 20 M : Ouest = 10, pêche surf. Est et West(50/50) ; LL : E et W

| | | T1 * | | T2* | | T3 * | | T _{E1} | T _{E2} * | Q | Q | M |
|-----|---|------|-----|-----|-----|------|-----|-------------------|-------------------|-------------|------------------|----|
| | | W-E | E-W | W-E | E-W | W-E | E-W | Surf. Vers. Prof. | Prof. Vers. Surf. | SURF. (E=W) | Palan- gre (E=W) | |
| Age | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | .6 |
| | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | .6 |
| 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | .6 |
| | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | .6 |
| | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | .6 |
| | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | .6 |
| 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | .6 |
| | 2 | 0 | .20 | 0 | .60 | 0 | .60 | 0 | 0 | 15 | 0 | .6 |
| | 3 | 0 | .20 | 0 | .60 | 0 | .60 | .40 | 0 | 30 | 0 | .6 |
| | 4 | .20 | 0 | .60 | 0 | .20 | 0 | .40 | .37 | 25 | 0 | .6 |
| 4 | 1 | .20 | 0 | .60 | 0 | .20 | 0 | .40 | .32 | 20 | 20 | .6 |
| | 2 | 0 | .20 | 0 | .60 | 0 | .60 | .40 | .32 | 20 | 20 | .6 |
| | 3 | 0 | .20 | 0 | .60 | 0 | .60 | .40 | .32 | 45 | 20 | .6 |
| | 4 | .20 | 0 | .60 | 0 | .20 | 0 | .40 | .32 | 40 | 20 | .6 |
| 5 | 1 | .20 | 0 | .60 | 0 | .20 | 0 | .40 | .32 | 80 | 20 | .6 |
| | 2 | 0 | .20 | 0 | .60 | 0 | .60 | .40 | .32 | 80 | 20 | .6 |
| | 3 | 0 | .20 | 0 | .60 | 0 | .60 | .40 | .32 | 80 | 20 | .6 |
| | 4 | .20 | 0 | .60 | 0 | .20 | 0 | .40 | .32 | 80 | 20 | .6 |
| 6 | 1 | .20 | 0 | .60 | 0 | .20 | 0 | .40 | .32 | 80 | 20 | .6 |
| | 2 | 0 | .20 | 0 | .60 | 0 | .60 | .40 | .32 | 80 | 20 | .6 |
| | 3 | 0 | .20 | 0 | .60 | 0 | .60 | .40 | .32 | 80 | 20 | .6 |
| | 4 | .20 | 0 | .60 | 0 | .20 | 0 | .40 | .32 | 80 | 20 | .6 |
| 7 | 1 | .20 | 0 | .60 | 0 | .20 | 0 | .40 | .32 | 80 | 20 | .6 |
| | 2 | 0 | .20 | 0 | .60 | 0 | .60 | .40 | .32 | 80 | 20 | .6 |
| | 3 | 0 | .20 | 0 | .60 | 0 | .60 | .40 | .32 | 80 | 20 | .6 |
| | 4 | .20 | 0 | .60 | 0 | .20 | 0 | .40 | .32 | 80 | 20 | .6 |
| 8 | 1 | .20 | 0 | .60 | 0 | .20 | 0 | .40 | .32 | 80 | 20 | .6 |
| | 2 | 0 | .20 | 0 | .60 | 0 | .60 | .40 | .32 | 80 | 20 | .6 |
| | 3 | 0 | .20 | 0 | .60 | 0 | .60 | .40 | .32 | 80 | 20 | .6 |
| | 4 | .20 | 0 | .60 | 0 | .20 | 0 | .40 | .32 | 80 | 20 | .6 |

Tableau 50 : Population sous-jacente simulée au temps initial de l'âge 5 et comparaison des F réels (simulés) aux âges 5 à 7 avec les F calculés à partir des prises cumulées d'âges, 5, 6 et 7, pour les diverses hypothèses sur l'identité des stocks (valeurs annuelles, les calculs sont réalisés par trimestre).

| | H1 | H2 | H3 | H4 | H5 | H6 | H7 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|-------|
| N_5 | 234 | 316 | 220 | 508 | 503 | 434 | 331 |
| C_5 | 66 | 79 | 81 | 100 | 119 | 116 | 118 |
| C_6 | 22 | 27 | 21 | 38 | 45 | 40 | 33 |
| C_7 | 10 | 10 | 10 | 16 | 17 | 14 | 11 |
| C_{5+} | 98 | 116 | 112 | 154 | 181 | 170 | 162 |
| F_5 réel | .673 | .385 | .530 | .261 | .362 | .363 | .617 |
| F_6 réel | .450 | .358 | .475 | .249 | .358 | .360 | .585 |
| F_7 réel | .434 | .346 | .793 | .246 | .360 | .361 | .634 |
| F_{5+} cal. | .772 | .641 | .852 | .502 | .622 | .707 | 1.004 |

Tableau 52 : Valeurs des F calculés par analyse des cohortes dans l'hypothèse erronée d'un stock exploité par une pêcherie de surface, pour les divers stocks et pêcheries simulés, en introduisant une estimation trop basse du recrutement. N_x est le plus bas recrutement qui, partant du recrutement réel, avec des effectifs décroissants par pas de 10%, permet de générer le vecteur de prises ; x est alors le recrutement en pourcentage du recrutement réel. Ces valeurs sont à comparer avec les valeurs réelles du recrutement et celles calculées à partir des recrutements exacts (tableau 51).

AGE

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7+ |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| H1 | | | | | | | | |
| N_{90} | .28 | .26 | .43 | .45 | .57 | .22 | .13 | .10 |
| H2 | | | | | | | | |
| N_{80} | .31 | .30 | .41 | .45 | .61 | .35 | .27 | .23 |
| H3 | | | | | | | | |
| N_{90} | .27 | .26 | .43 | .47 | .63 | .29 | .27 | .12 |
| H4 | | | | | | | | |
| N_{70} | .23 | .20 | .31 | .32 | .41 | .20 | .14 | .11 |
| H5 | | | | | | | | |
| N_{70} | .23 | .20 | .28 | .30 | .46 | .27 | .27 | .23 |
| H6 | | | | | | | | |
| N_{100} | .20 | .14 | .19 | .21 | .27 | .13 | .09 | .06 |
| H7 | | | | | | | | |
| N_{80} | .19 | .17 | .31 | .38 | .75 | .55 | .42 | .31 |

Tableau 51 : Comparaison des prises et des taux de mortalité par pêche (par âge, moyenne annuelle des 4 trimestres) réels et calculés par analyse des cohortes, pour l'ensemble de la pêcherie simulée et pour la pêcherie de surface ; valeurs réelles de la mortalité par pêche dans la strate surface Atl. est. L'analyse des cohortes est menée à partir d'une estimation exacte du recrutement.

| | Age | | | | | | | |
|--------------------|------|------|------|-----|------|------|------|------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| HYPOTHESE 1 | | | | | | | | |
| C TOTAL | 2297 | 2283 | 1383 | 684 | 327 | 66 | 22 | 10 |
| C SURFACE | 2297 | 2283 | 1383 | 530 | 239 | 34 | 9 | 3 |
| F REEL TOT. | .12 | .22 | .36 | .47 | .67 | .45 | .43 | .56 |
| F REEL SURF. | .12 | .22 | .36 | .36 | .46 | .21 | .17 | .17 |
| F LOCAL SURF. E | .12 | .22 | .39 | .62 | 1.60 | 1.60 | 1.60 | 1.60 |
| F CALCULE SURF. | .25 | .22 | .36 | .34 | .37 | .13 | .07 | .05 |
| HYPOTHESE 2 | | | | | | | | |
| C TOTAL | 2297 | 2283 | 1282 | 604 | 305 | 79 | 27 | 10 |
| C SURFACE | 2297 | 2283 | 1282 | 443 | 209 | 39 | 12 | 4 |
| F REEL TOT. | .12 | .22 | .31 | .38 | .51 | .38 | .36 | .35 |
| F REEL SURF. | .12 | .22 | .31 | .27 | .33 | .19 | .16 | .15 |
| F LOCAL SURF. E | .12 | .22 | .39 | .62 | 1.60 | 1.60 | 1.60 | 1.60 |
| F CALCULE SURF. | .25 | .22 | .31 | .26 | .27 | .12 | .07 | .05 |
| HYPOTHESE 3 | | | | | | | | |
| C TOTAL | 2297 | 2283 | 1383 | 695 | 341 | 70 | 21 | 10 |
| C SURFACE | 2297 | 2283 | 1383 | 539 | 256 | 39 | 10 | 3 |
| F REEL TOT. | .12 | .22 | .36 | .44 | .72 | .53 | .47 | .79 |
| F REEL SURF. | .12 | .22 | .36 | .37 | .43 | .28 | .22 | .20 |
| F LOCAL SURF. E | .12 | .22 | .39 | .62 | 1.60 | 1.60 | 1.60 | 1.60 |
| F CALCUL2 SURF. | .25 | .22 | .36 | .35 | .41 | .16 | .08 | .05 |
| HYPOTHESE 4 | | | | | | | | |
| C TOTAL | 1531 | 1522 | 922 | 599 | 338 | 100 | 38 | 16 |
| C SURFACE | 1531 | 1522 | 922 | 388 | 202 | 38 | 12 | 5 |
| F REEL TOT. | .16 | .14 | .19 | .28 | .38 | .29 | .21 | .28 |
| F REEL SURF. | .16 | .14 | .19 | .18 | .21 | .10 | .08 | .11 |
| F LOCAL SURF. E | .12 | .22 | .39 | .62 | 1.60 | 1.60 | 1.60 | 1.60 |
| F CALCULE SURF. | .25 | .22 | .19 | .17 | .18 | .07 | .05 | .03 |
| HYPOTHESE 5 | | | | | | | | |
| C TOTAL | 1531 | 1522 | 855 | 596 | 374 | 119 | 45 | 17 |
| C SURFACE | 1531 | 1522 | 855 | 382 | 236 | 58 | 20 | 7 |
| F REEL TOT. | .16 | .14 | .18 | .27 | .42 | .36 | .36 | .36 |
| F REEL SURF. | .16 | .14 | .18 | .17 | .25 | .17 | .15 | .15 |
| F LOCAL SURF. | .12 | .22 | .39 | .62 | 1.60 | 1.60 | 1.60 | 1.60 |
| F CALCULE SURF. | .16 | .14 | .18 | .17 | .21 | .11 | .08 | .06 |
| HYPOTHESE 6 | | | | | | | | |
| C TOTAL | 1531 | 1522 | 922 | 665 | 407 | 115 | 40 | 14 |
| C SURFACE | 1531 | 1522 | 922 | 454 | 277 | 60 | 19 | 7 |
| F REEL TOTAL | .16 | .14 | .20 | .35 | .40 | .36 | .36 | .36 |
| F REEL SURF. | .16 | .14 | .20 | .21 | .32 | .21 | .19 | .18 |
| F LOCAL SURF. | .12 | .22 | .39 | .62 | 1.60 | 1.60 | 1.60 | 1.60 |
| F CALCULE SURF. | .16 | .14 | .19 | .21 | .27 | .13 | .09 | .06 |
| HYPOTHESE 7 | | | | | | | | |
| C TOTAL | 1411 | 1498 | 1060 | 796 | 475 | 118 | 33 | 11 |
| C SURFACE | 1411 | 1498 | 1060 | 530 | 353 | 73 | 18 | 5 |
| F REEL TOT. | .15 | .13 | .23 | .37 | .69 | .62 | .58 | .63 |
| F REEL SURF. | .15 | .13 | .23 | .27 | .48 | .36 | .31 | .28 |
| F LOCAL SURF. | .15 | .13 | .23 | .37 | .96 | .96 | .96 | .96 |
| F CALCULE SURF. | .15 | .13 | .23 | .25 | .40 | .20 | .11 | .06 |

F local surf. désigne le F réel exercé par la pêche de surface dans la (ou les) strate(s) de surface exploitée(s).

Tableau 53 : Taux de mortalité par pêche calculés dans l'hypothèse d'un recrutement constant égal à 57.5 millions (hypothèse F min.) pour la période 1974 à 1977, toutes pêcheries de l'Atlantique total.

| Age | | Année de pêche | | | | \bar{F} |
|-----|---|----------------|------|------|------|-----------|
| | | 74 | 75 | 76 | 77 | |
| 0 | 3 | .051 | .047 | .109 | .097 | .076 |
| | 4 | .198 | .039 | .078 | .114 | .107 |
| 1 | 1 | .084 | .069 | .032 | .045 | .057 |
| | 2 | .113 | .064 | .070 | .073 | .080 |
| | 3 | .113 | .055 | .179 | .194 | .134 |
| | 4 | .143 | .056 | .102 | .144 | .111 |
| 2 | 1 | .031 | .045 | .084 | .017 | .044 |
| | 2 | .051 | .059 | .048 | .099 | .064 |
| | 3 | .164 | .149 | .093 | .144 | .137 |
| | 4 | .058 | .074 | .043 | .084 | .065 |
| 3 | 1 | .065 | .052 | .044 | .029 | .047 |
| | 2 | .095 | .045 | .093 | .078 | .055 |
| | 3 | .147 | .118 | .083 | .111 | .115 |
| | 4 | .065 | .107 | .067 | .100 | .085 |
| 4 | 1 | .115 | .167 | .141 | .177 | .150 |
| | 2 | .074 | .092 | .177 | .175 | .129 |
| | 3 | .111 | .122 | .097 | .178 | .127 |
| | 4 | .082 | .168 | .121 | .118 | .122 |
| 5+ | 1 | .152 | .202 | .263 | .246 | .215 |
| | 2 | .053 | .180 | .280 | .187 | .175 |
| | 3 | .045 | .159 | .069 | .104 | .094 |
| | 4 | .047 | .141 | .091 | .074 | .088 |

Tableau 54 : Taux de mortalité par pêche calculés dans l'hypothèse d'un recrutement constant égal à 34.5 millions (hypothèse F max.) pour la période 1974 à 1977, toutes pêcheries de l'Atlantique total.

| Age | | Année de pêche | | | | \bar{F} 74-77 |
|-----|---|----------------|------|------|------|-----------------|
| | | 74 | 75 | 76 | 77 | |
| 0 | 3 | .085 | .079 | .184 | .171 | .123 |
| | 4 | .339 | .066 | .134 | .205 | .186 |
| 1 | 1 | .146 | .121 | .054 | .077 | .100 |
| | 2 | .199 | .114 | .121 | .127 | .140 |
| | 3 | .204 | .098 | .314 | .348 | .241 |
| | 4 | .266 | .101 | .183 | .267 | .204 |
| 2 | 1 | .057 | .085 | .155 | .032 | .082 |
| | 2 | .096 | .112 | .090 | .183 | .120 |
| | 3 | .313 | .292 | .176 | .272 | .263 |
| | 4 | .114 | .150 | .084 | .163 | .127 |
| 3 | 1 | .128 | .103 | .090 | .056 | .094 |
| | 2 | .189 | .092 | .194 | .153 | .157 |
| | 3 | .304 | .243 | .177 | .223 | .237 |
| | 4 | .138 | .226 | .147 | .207 | .179 |
| 4 | 1 | .267 | .367 | .310 | .401 | .336 |
| | 2 | .178 | .211 | .408 | .421 | .304 |
| | 3 | .273 | .289 | .234 | .456 | .313 |
| | 4 | .210 | .421 | .305 | .323 | .315 |
| 5 | 1 | .357 | .550 | .716 | .666 | .572 |
| | 2 | .130 | .534 | .871 | .561 | .524 |
| | 3 | .111 | .514 | .237 | .335 | .299 |
| | 4 | .120 | .500 | .329 | .252 | .300 |

Tableau 55 : Puissance de pêche des 4 engins FISM sur les âges 1 et 2.

| Engin Classe | Canneurs Glaciers | Canneurs Congélateurs | Senneurs Moyens | Grands Senneurs |
|-----------------|----------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|
| 1 | 1.47 | 1.44 | .80 | .59 |
| 2 | 1.02 | .94 | 1.24 | .84 |

Tableau 56 : Facteurs correctifs de la classe 1 pour les strates trimestres - zones.

| Secteur | TRIMESTRE | | | |
|--------------|-----------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 2 | 4 |
| Pointe Noire | .64 | 4.37 | 5.13 | 3.77 |
| Abidjan | .64 | .79 | .49 | 1.03 |
| Dakar | .09 | 1.45 | 1.31 | .40 |

Tableau 57 : Facteurs correctifs de la classe 2 pour les strates trimestres - zones.

| Secteur | TRIMESTRE | | | |
|--------------|-----------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Pointe Noire | .92 | 2.15 | 2.59 | 1.00 |
| Abidjan | 1.84 | 1.19 | 1.75 | .52 |
| Dakar | .19 | 2.56 | .69 | .28 |

Tableau 58 (a) : Estimation de l'abondance des classes 67 à 76 sur âges 1 et 2 à partir de la p.u.e. = Prise/temps de mer total par strate.

| Cohorte | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 |
|----------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| Classe 2 | 41.8 | 14.8 | 46.2 | 47.5 | 30.9 | 43.9 | 41.2 | 16.2 | 37.1 | |
| Classe 1 | - | 9.9 | 41.7 | 69.2 | 37.7 | 27.7 | 52.6 | 10.7 | 29.0 | 59.5 |
| Moyenne | (41.8) | 12.3 | 43.9 | 58.3 | 34.3 | 35.8 | 46.9 | 13.4 | 33.0 | (59.5) |

Variance des logarithmes : Classe 1 = ,66, Classe 2 = ,42

Tableau 63 : Estimations des paramètres d'équilibre de la pêcherie d'albacores de l'Atlantique total (le meilleur ajustement est noté par un astérisque) (résultats du programme PROFIT, FOX).

| Période Ajustement | k | m | P M E | P.E. fx2 (120 000) | % err. | Uo | % err. | Fopt | % err. | R ² |
|--------------------|---|-----|---------|--------------------------|--------|------|--------|--------|--------|----------------|
| 1972-1980 | 5 | 0 | 177 000 | 143 000 | 43.0 | 5.8 | 151.5 | ∞ | - | 0.97 |
| | | 1 | 119 000 | 102 000 | 7.4 | 4.4 | 12.0 | 74 000 | 18.2 | 0.82 |
| | | 2.0 | 118 000 | 1 000 | 5.2 | 3.8 | 8.6 | 61 000 | 11.7 | 0.98* |
| 1971-1980 | 5 | 0 | 219 000 | 155 000 | 25.7 | 4.4 | 21.9 | ∞ | - | 0.99* |
| | | 1.0 | 133 000 | 128 000 | 15.2 | 3.7 | 13.0 | 97 000 | 27.1 | 0.66 |
| | | 2.0 | 120 000 | 47 000 | 8.8 | 3.5 | 9.6 | 67 000 | 16.5 | 0.98 |
| 1969-1980 | 3 | 0 | 143 000 | 128 000 | 18.4 | 10.4 | 165.6 | ∞ | - | 0.94 |
| | | 1.0 | 118 000 | 78 000 | 7.5 | 5.9 | 16.6 | 54 000 | 19.8 | 0.78 |
| | | 2.0 | 124 000 | 0 | 6.8 | 4.9 | 12.5 | 50 000 | 34.5 | 0.96* |
| 1972-1980 | 3 | 0 | 177 000 | 144 000 | 15.8 | 6.4 | 26.8 | ∞ | - | 0.99* |
| | | 1.0 | 123 000 | 91 000 | 5.8 | 4.6 | 11.5 | 73 000 | 16.1 | 0.98 |
| | | 2.0 | 123 000 | 11 000 | 3.9 | 4.0 | 8.0 | 61 000 | 3.9 | 0.99 |

Tableau 64 : Calcul des facteurs q des canneurs de Tema (C désigne la prise)

| Age An-Trim. | C Tot 74-77 Millions | C Canneurs TEMA 74-77 | F Min. total | F Max. total | F Min. Can. TEMA | F Max. Can. TEMA | Effort can. TEMA 74-77 | Q Min. /Trim. | Q Max. /Trim. |
|-----------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------------|------------------|------------------|
| 3 | 1008 | 504 | .076 | .123 | .038 | .061 | 1548 | 6.1 | 9.8 |
| 0 4 | 1191 | 717 | .107 | .186 | .064 | .112 | 2098 | 15.2 | 26.6 |
| 1 | 539 | 360 | .057 | .100 | .038 | .067 | 2362 | 4.0 | 7.0 |
| 1 2 | 636 | 191 | .080 | .140 | .024 | .042 | 1379 | 4.3 | 7.6 |
| 3 | 905 | 100 | .134 | .241 | .015 | .026 | 1548 | 2.4 | 3.8 |
| 4 | 616 | 142 | .111 | .204 | .025 | .047 | 2098 | 5.9 | 11.2 |
| 1 | 209 | 39 | .044 | .082 | .008 | .015 | 2362 | 0.8 | 1.5 |
| 2 2 | 259 | 7 | .064 | .120 | .0017 | .0032 | 1379 | 0.3 | 0.6 |
| 3 | 462 | 12 | .137 | .263 | .0035 | .0068 | 1548 | 0.6 | 1.1 |
| 4 | 183 | 1 | .065 | .127 | .0003 | .0007 | 2098 | 0.07 | 0.16 |
| 1 | 114 | 0 | .047 | .094 | 0 | 0 | 2362 | 0 | 0 |
| 3 2 | 158 | 0 | .055 | .157 | 0 | 0 | 1379 | 0 | 0 |
| 3 | 197 | 4 | .115 | .237 | .0023 | .0047 | 1548 | 0.37 | 0.75 |
| 4 | 122 | 0 | .085 | .179 | 0 | 0 | 2098 | 0 | 0 |

Tableau 65 : Calcul des facteurs q des canneurs FISM (C désigne la prise en milliers d'individus)

| Age An-Trim. | C Totale 74-77 Millions | F Min total | F Max total | C CANNEURS FISM 74-77 | F Min. CANNEURS | F Max. Can. | F Can. | Q Min. Can. | Q Max. Can. |
|-----------------|----------------------------------|----------------|----------------|--------------------------------|--------------------|----------------|-----------|----------------|----------------|
| 3 | 1008 | .076 | .123 | 2.6 | .0002 | .0003 | 1167 | .04 | .06 |
| 0 4 | 1191 | .107 | .186 | 2.5 | .0002 | .0004 | 567 | .09 | .18 |
| 1 | 539 | .057 | .100 | 10.2 | .0011 | .0019 | 288 | .95 | 1.65 |
| 1 2 | 636 | .080 | .140 | 142.7 | .018 | .031 | 1114 | 4.04 | 6.96 |
| 3 | 905 | .134 | .241 | 201.1 | .030 | .053 | 1167 | 6.43 | 11.35 |
| 4 | 616 | .111 | .204 | 36.9 | .007 | .012 | 567 | 3.09 | 5.29 |
| 1 | 209 | .044 | .082 | 15.4 | .0032 | .0060 | 288 | 2.78 | 5.21 |
| 2 2 | 259 | .064 | .120 | 71.6 | .0177 | .0331 | 1114 | 3.97 | 7.42 |
| 3 | 462 | .137 | .263 | 22.4 | .0066 | .0127 | 1167 | 1.41 | 2.72 |
| 4 | 183 | .065 | .127 | 3.5 | .0012 | .0024 | 567 | 0.53 | 1.05 |
| 1 | 114 | .047 | .094 | 6.8 | .0028 | .0056 | 288 | 2.43 | 4.86 |
| 3 2 | 158 | .055 | .157 | 4.0 | .0014 | .0040 | 1114 | 0.31 | 0.90 |
| 3 | 197 | .115 | .237 | 2.6 | .0015 | .0031 | 1167 | 0.32 | 0.66 |
| 4 | 122 | .085 | .179 | 0.4 | .0003 | .0006 | 567 | 0.13 | 0.26 |
| 1 | 177 | .150 | .336 | 0.6 | .0005 | .0011 | 288 | 0.43 | 0.95 |
| 4 2 | 127 | .129 | .304 | 0.4 | .0004 | .0009 | 1114 | 0.09 | 0.20 |
| 3 | 103 | .129 | .313 | 0.3 | .0004 | .0009 | 1167 | 0.08 | 0.19 |
| 4 | 84 | .122 | .315 | 0 | 0 | 0 | 567 | 0 | 0 |
| 1 | 125 | .215 | .572 | 0.3 | .0005 | .0014 | 288 | 0.43 | 1.21 |
| 5+ 2 | 82 | .175 | .524 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 36 | .094 | .299 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 28 | .088 | .300 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tableau 66 : Calcul des facteurs q des grands senneurs FISM (C. désigne la prise en milliers d'individus). En l'absence d'effort de pêche dans le secteur du large au 3^{ème} trimestre, les facteurs q sont estimés dans cette strate par la moyenne arithmétique de facteurs q aux trimestres 1 et 4.

| Age | C TOTALE ATL. 74-77 | C G. S. COTE 74-77 | C G. S. LARGE 74-77 | F MIN. TOTAL | F MAX. TOTAL | F MIN. G.S. COTE | F MIN. G.S. LARGE | F MAX. G.S. COTE | F MAX. G.S. LARGE | EFFORT G.S. COTE | EFFORT G.S. LARGE | Q MIN. G.S. COTE | Q MAX. G.S. COTE | Q MIN G.S. LARGE | Q MAX. G.S. LARGE |
|-----|---------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| 3 | 1008 | 208 | 0 | .076 | .123 | .016 | 0 | .025 | 0 | 1677 | 0 | 2.38 | 3.73 | (0) | (0) |
| 0 4 | 1191 | 222 | 1 | .107 | .186 | .020 | .0001 | .035 | .0002 | 1399 | 143 | 3.57 | 6.25 | 0.17 | .35 |
| 1 | 539 | 69 | 5 | .057 | .100 | .007 | .0005 | .013 | .0009 | 1203 | 411 | 1.45 | 2.70 | 0.30 | .55 |
| 1 2 | 636 | 93 | 43 | .080 | .140 | .012 | .0054 | .020 | .0095 | 1125 | 425 | 2.67 | 4.44 | 3.17 | 5.58 |
| 3 | 905 | 196 | 0 | .134 | .241 | .029 | 0 | .052 | 0 | 1677 | 0 | 4.32 | 7.75 | (2.81) | (5.06) |
| 4 | 616 | 130 | 8 | .111 | .204 | .023 | .0014 | .043 | .0026 | 1399 | 143 | 4.11 | 7.68 | 2.45 | 4.54 |
| 1 | 209 | 51 | 0 | .044 | .082 | .011 | 0 | .020 | 0 | 1203 | 411 | 2.29 | 4.16 | 0 | 0 |
| 2 2 | 259 | 95 | 15 | .064 | .120 | .023 | .0037 | .045 | .0069 | 1125 | 425 | 5.11 | 10.22 | 2.17 | 4.06 |
| 3 | 462 | 131 | 0 | .137 | .263 | .039 | 0 | .092 | 0 | 1677 | 0 | 5.81 | 13.71 | (1.69) | (3.25) |
| 4 | 183 | 45 | 2 | .065 | .127 | .016 | .0007 | .031 | .0014 | 1399 | 143 | 2.86 | 5.54 | 1.22 | 2.45 |
| 1 | 114 | 12 | 3 | .047 | .094 | .005 | .0012 | .010 | .0025 | 1203 | 411 | 1.04 | 2.08 | 0.73 | 1.52 |
| 3 2 | 158 | 30 | 19 | .055 | .157 | .010 | .0066 | .030 | .0189 | 1125 | 425 | 2.22 | 6.67 | 3.88 | 11.12 |
| 3 | 197 | 53 | 0 | .115 | .237 | .031 | 0 | .064 | 0 | 1677 | 0 | 4.62 | 9.54 | (2.55) | (6.87) |
| 4 | 122 | 38 | 1 | .085 | .179 | .026 | .0007 | .056 | .0015 | 1399 | 143 | 4.65 | 10.01 | 1.22 | 2.62 |
| 1 | 177 | 49 | 16 | .150 | .336 | .041 | .0136 | .093 | .0304 | 1203 | 411 | 8.52 | 19.33 | 8.27 | 18.49 |
| 4 2 | 127 | 22 | 31 | .129 | .304 | .022 | .0314 | .053 | .0742 | 1125 | 425 | 4.89 | 11.78 | 18.47 | 43.65 |
| 3 | 103 | 14 | 0 | .127 | .313 | .011 | 0 | .042 | 0 | 1677 | 0 | 1.64 | 6.26 | (10.46) | (25.06) |
| 4 | 84 | 23 | 1 | .122 | .315 | .033 | .0014 | .086 | .0037 | 1399 | 143 | 5.90 | 15.37 | 2.45 | 6.47 |
| 1 | 125 | 48 | 43 | .215 | .572 | .082 | .0740 | .219 | .1968 | 1203 | 411 | 17.04 | 45.51 | 45.01 | (119.70) |
| 5 2 | 82 | 15 | 25 | .175 | .524 | .032 | .0515 | .096 | .1597 | 1125 | 425 | 7.11 | 21.33 | 30.29 | 93.94 |
| 3 | 36 | 6 | 0 | .094 | .299 | .016 | 0 | .050 | 0 | 1677 | 0 | 2.39 | 7.45 | (15.14) | (46.97) |
| 4 | 28 | 9 | 0 | .088 | .300 | .028 | 0 | .096 | 0 | 1399 | 143 | 5.00 | 17.16 | 0 | 0 |

Tableau 67 : Calcul des facteurs q des palangriers (C désigne la prise en milliers d'individus)

| Age | C_i totale 74-77 | C_i PAL | F_i min. total | F_i max. total | F_i min. PAL. | F_i max. PAL. | Effort PAL. | q_i min. | q_i max. |
|-----|--------------------------|--------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|---------------|---------------|
| 1 | 539 | 0 | .057 | .100 | 0 | 0 | 1890 | 0 | 0 |
| 1 2 | 636 | 0 | .080 | .140 | 0 | 0 | 1890 | 0 | 0 |
| 3 | 905 | 3 | .134 | .241 | .0004 | .0008 | 1890 | 0.05 | 0.10 |
| 4 | 616 | 2 | .111 | .204 | .0003 | .0006 | 1890 | 0.04 | 0.08 |
| 1 | 209 | 10 | .044 | .082 | .0021 | .0039 | 1890 | 0.28 | 0.52 |
| 2 2 | 259 | 21 | .064 | .120 | .0052 | .0097 | 1890 | 0.69 | 1.28 |
| 3 | 462 | 70 | .137 | .263 | .021 | .040 | 1890 | 2.8 | 5.3 |
| 4 | 183 | 48 | .065 | .127 | .017 | .033 | 1890 | 2.2 | 4.4 |
| 1 | 114 | 75 | .047 | .094 | .020 | .062 | 1890 | 2.6 | 8.2 |
| 3 2 | 158 | 61 | .055 | .157 | .021 | .061 | 1890 | 2.8 | 8.1 |
| 3 | 197 | 59 | .115 | .237 | .034 | .071 | 1890 | 4.5 | 9.4 |
| 4 | 122 | 25 | .085 | .179 | .017 | .037 | 1890 | 2.2 | 4.9 |
| 1 | 177 | 58 | .150 | .336 | .049 | .110 | 1890 | 6.5 | 14.6 |
| 4 2 | 127 | 42 | .129 | .304 | .042 | .100 | 1890 | 5.5 | 13.2 |
| 3 | 103 | 35 | .127 | .313 | .043 | .106 | 1890 | 5.7 | 14.0 |
| 4 | 84 | 14 | .122 | .315 | .020 | .052 | 1890 | 2.6 | 6.9 |
| 1 | 125 | 22 | .215 | .572 | .038 | .100 | 1890 | 5.0 | 13.2 |
| 5 2 | 82 | 19 | .175 | .524 | .040 | .121 | 1890 | 5.3 | 16.0 |
| 3 | 36 | 16 | .094 | .299 | .042 | .133 | 1890 | 5.5 | 17.6 |
| 4 | 28 | 5 | .088 | .300 | .016 | .053 | 1890 | 2.1 | 7.0 |

Tableau 68 (a) : Effort de pêche annuel de la simulation décrite au § 9.6.1. L'effort trimestriel est égal au quart de l'effort annuel.

(b) : Effort de pêche annuel des simulations décrites aux § 9.6.3. à 9.6.7. L'effort trimestriel est égal au quart de l'effort annuel.

| Année | 9.6.1. (a) Grands Senneurs | | 9.6.1. (b) Grands Senneurs | | Palangriers |
|---------------|----------------------------------|-------|----------------------------------|-------|-------------|
| | Cote | Large | Côte | Large | |
| 1 (équilibre) | 4 000 | 0 | 4 000 | 0 | 7 200 |
| 2 | 6 000 | 0 | 6 000 | 0 | 7 200 |
| 3 | 8 000 | 0 | 8 000 | 0 | 7 200 |
| 4 | 10 000 | 0 | 10 000 | 0 | 7 200 |
| 5 | 12 000 | 0 | 12 000 | 0 | 7 200 |
| 6 | 14 000 | 0 | 14 000 | 0 | 7 200 |
| 7 | 14 000 | 0 | 14 000 | 0 | 7 200 |
| 8 | 16 000 | 0 | 14 000 | 2 000 | 7 200 |
| 9 | 17 000 | 0 | 14 000 | 3 000 | 7 200 |
| 10 | 18 000 | 0 | 14 000 | 4 000 | 7 200 |
| 11 | 20 000 | 0 | 14 000 | 6 000 | 7 200 |
| 12 | 22 000 | 0 | 14 000 | 8 000 | 7 200 |

| | CAN. TEMA | CAN. FIS | SEN. COTE | SEN. LARGE | PALANGRIERS |
|-------------|-----------|----------|-----------|------------|-------------|
| 4 ans 71-74 | 7 600 | 8 000 | 6 000 | 400 | 7 200 |
| 3 ans 75-77 | 3 600 | 4 000 | 11 200 | 2 800 | 6 000 |
| 2 ans 78-79 | 3 200 | 3 200 | 14 000 | 4 000 | 4 800 |
| 6 ans 80-85 | 3 200 | 3 200 | 14 000 | 6 000 | 4 800 |

Tableau 69 : Taux instantanés de migration retenus comme hypothèses de travail dans les simulations.

(W désigne le secteur Ouest, C le secteur central et E le secteur Est).

| | | MIGRATIONS HORIZONTALES | | | | VERTICALES | |
|-----|------|-------------------------|-------|-------|-------|------------|------------|
| Age | | | | | | | |
| An | Mois | W → C | C → W | C → E | E → C | Ascendant | descendant |
| 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 15 | .30 | 0 | .34 | 0 | 0 | .02 |
| | 18 | 0 | .20 | 0 | .34 | 0 | .02 |
| | 21 | 0 | .15 | 0 | .18 | 0 | .02 |
| | 24 | .18 | 0 | .17 | 0 | 0 | .02 |
| 2 | 27 | .30 | 0 | .34 | 0 | 0 | .0 |
| | 30 | 0 | .20 | 0 | .34 | 0 | .0 |
| | 33 | 0 | .15 | 0 | .18 | 0 | .09 |
| | 36 | .18 | 0 | .17 | 0 | 0.8 | .09 |
| 3 | 39 | .30 | 0 | .34 | 0 | 0.8 | .09 |
| | 42 | 0 | .20 | 0 | .34 | 0.8 | .09 |
| | 45 | 0 | .15 | 0 | .18 | 0.8 | .09 |
| | 48 | .18 | 0 | .17 | 0 | 0.8 | .09 |
| 4 | 51 | .30 | 0 | .34 | 0 | 0.8 | .09 |
| | 54 | 0 | .20 | 0 | .34 | 0.8 | .09 |
| | 57 | 0 | .15 | 0 | .18 | 0.8 | .09 |
| | 60 | .18 | 0 | .17 | 0 | 0.8 | .09 |
| 5 | 63 | .30 | 0 | .34 | 0 | 0.8 | .09 |
| | 66 | 0 | .20 | 0 | .34 | 0.8 | .09 |
| | 69 | 0 | .15 | 0 | .18 | 0.8 | .09 |
| | 72 | .18 | 0 | .17 | 0 | 0.8 | .09 |

Tableau 70 : Paramètres d'équilibre estimés par le modèle global généralisé (programme PROFIT, FOX) sur les données de la pêche simulée (b) du paragraphe 9.6.1. (Le meilleur ajustement du modèle aux données est signalé par un astérisque).

| k | m | PME | % | Fopt | % | R ² |
|---|---|---------|------|--------|------|----------------|
| 5 | 0 | 197 000 | 6.5 | ∞ | - | 0.99 (*) |
| | 1 | 127 000 | 4.10 | 36 600 | 8.84 | 0.96 |
| | 2 | 122 000 | 3.38 | 28 800 | 7.11 | 0.99 |
| 3 | 0 | 160 000 | 5.05 | ∞ | - | 0.99 (*) |
| | 1 | 122 000 | 2.99 | 26 500 | 8.65 | 0.99 |
| | 2 | 124 000 | 3.11 | 24 000 | 7.07 | 0.99 |

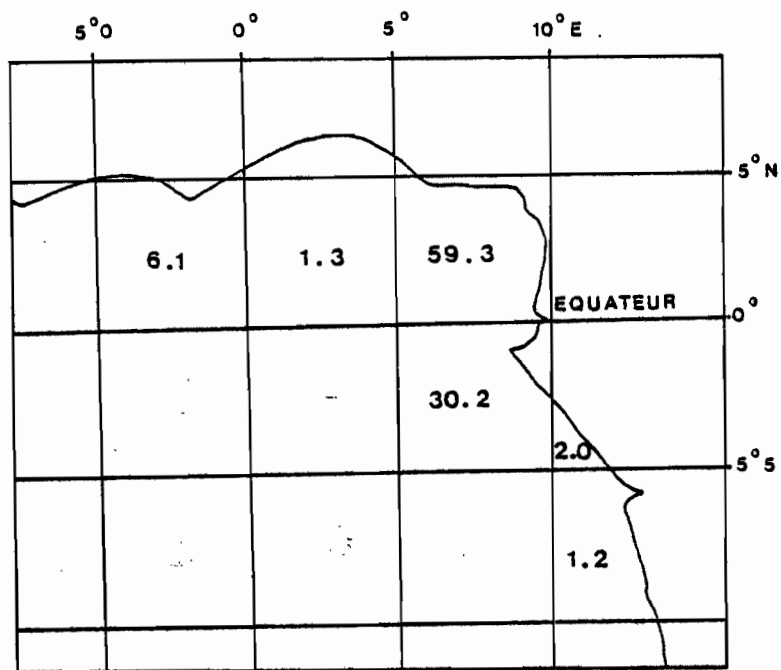


Fig. 1.- Répartition géographique (en pourcentage) des marquages d'albacores de l'ORSTOM. de 1971 à 1976 (par carré 5° x 5°).

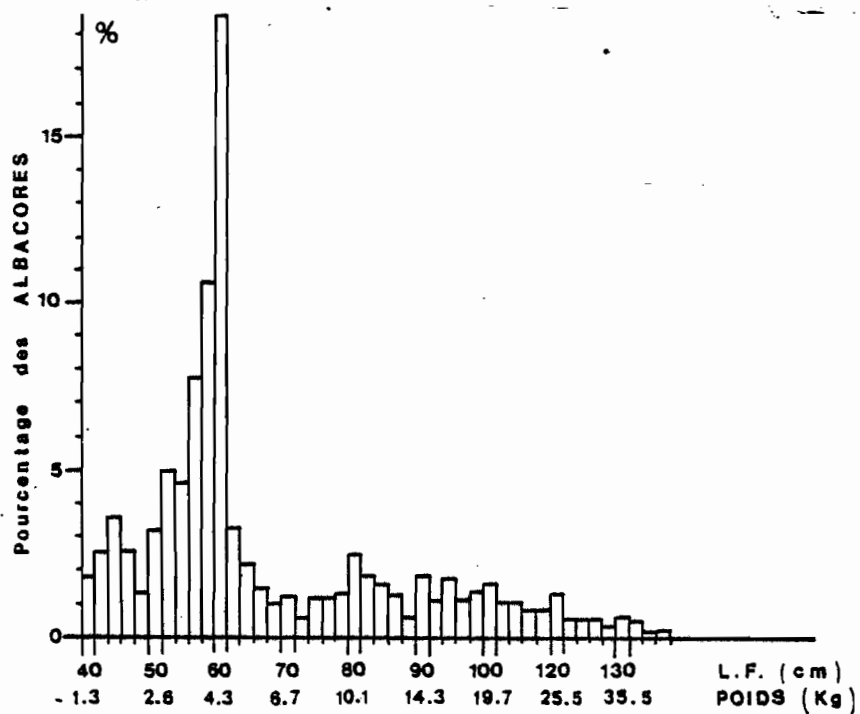


Fig. 2.- Fréquence de tailles des albacores marqués de 1971 à 1976 par l'ORSTOM

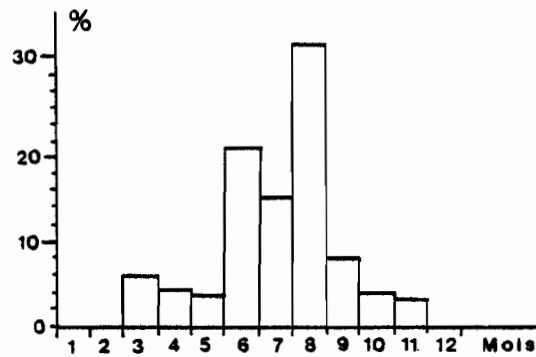


Fig. 3.- Distribution mensuelle des marquages de 1971 à 1976 (en pourcentage)

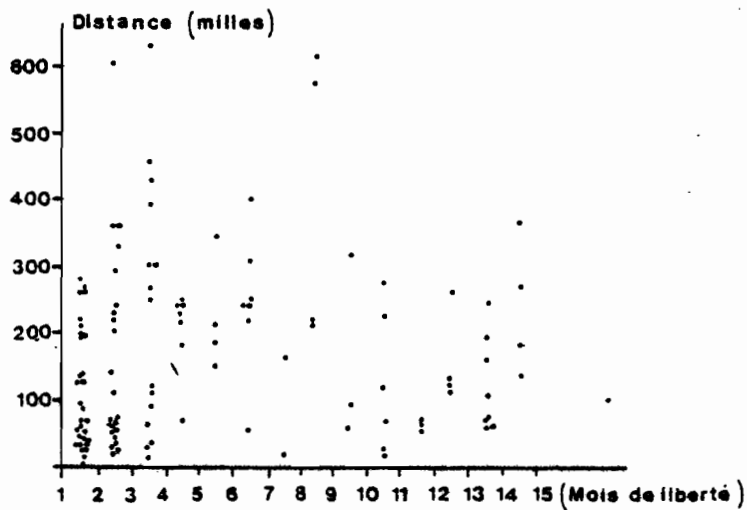


Fig. 4.- Distance entre le lieu de marquage et de recapture en fonction du temps de liberté.

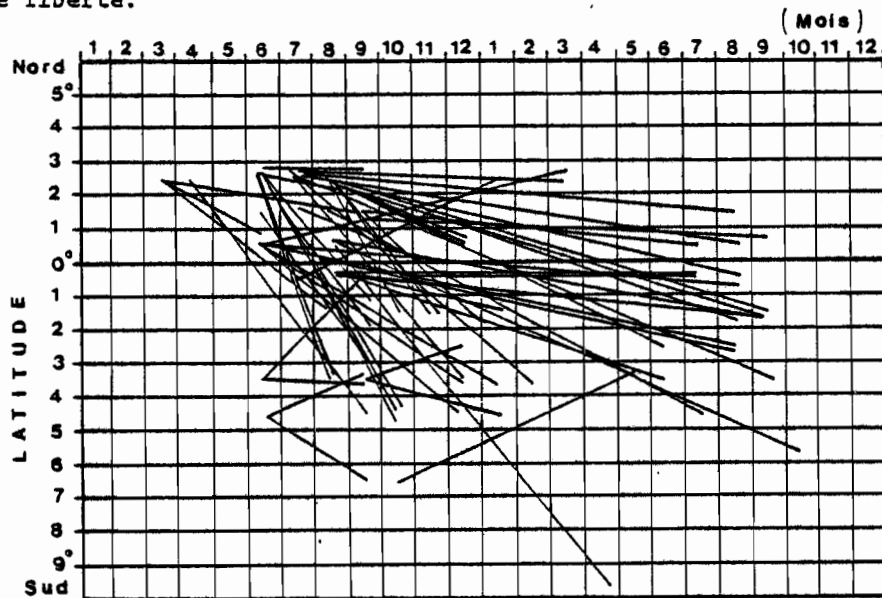


Fig. 5.- Latitude et mois de marquage et recapture pour les albacores restés plus de deux mois en liberté et ayant effectué une migration Nord-Sud ou Sud-Nord.

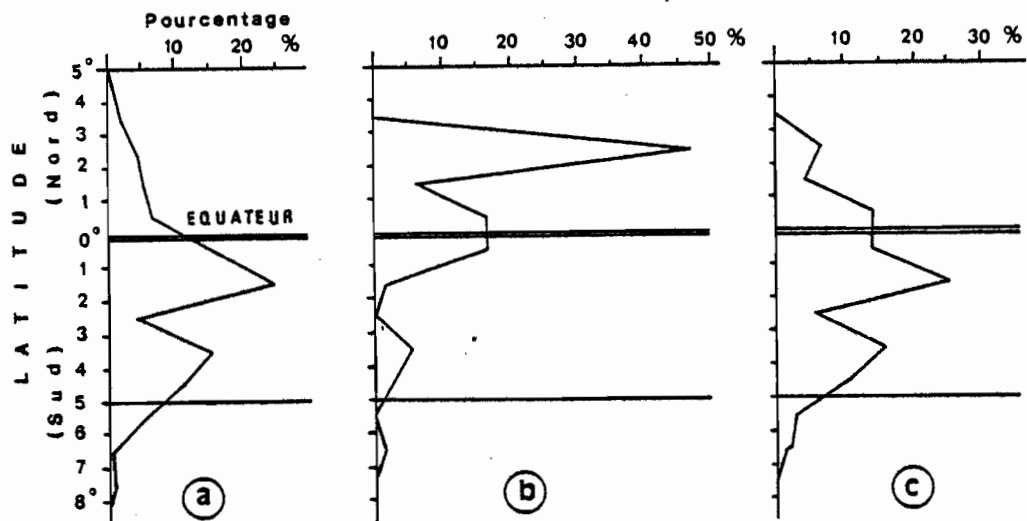


Fig. 6.- Distribution selon la latitude du pourcentage :

(a) des prises d'albacores de la flottille F.I.S. (Moyenne 1973-1974), dans le secteur de Pointe-Noire.

(b) des positions de marquage des albacores marqués et recapturés après plus d'un mois de liberté (zone Pointe-Noire).

(c) des positions de recapture des mêmes albacores.

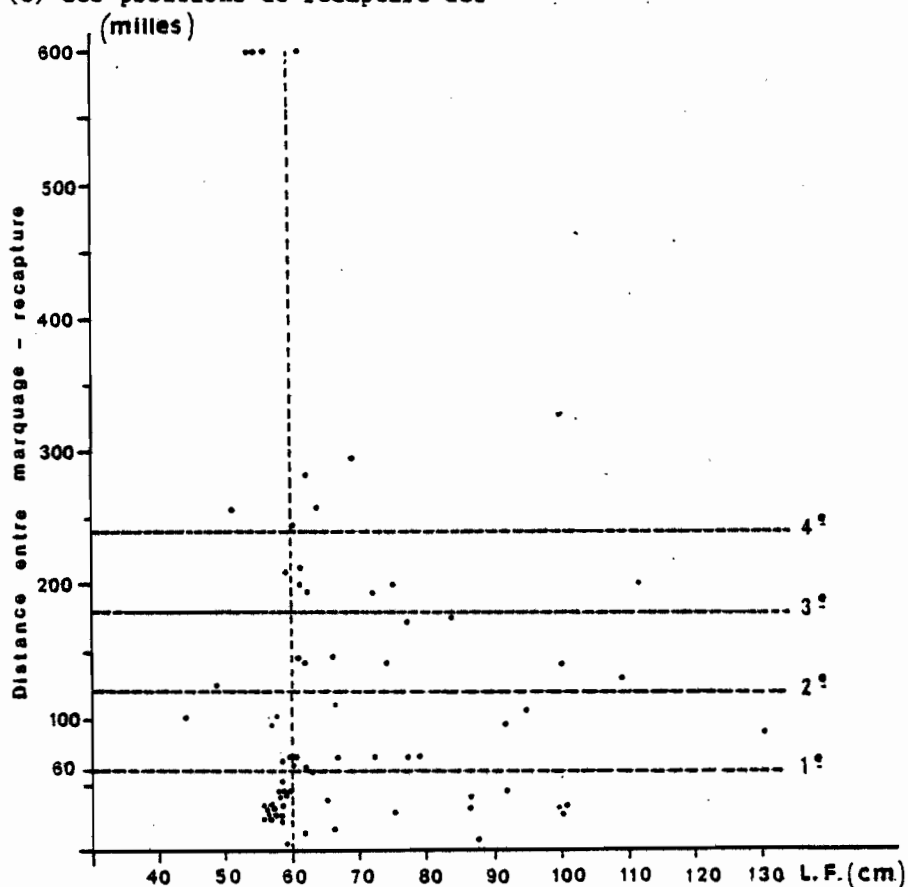


Fig. 7.- Distance (en milles) entre le marquage et la recapture, en fonction de la longueur, pour les albacores restés de 20 à 90 jours en liberté.

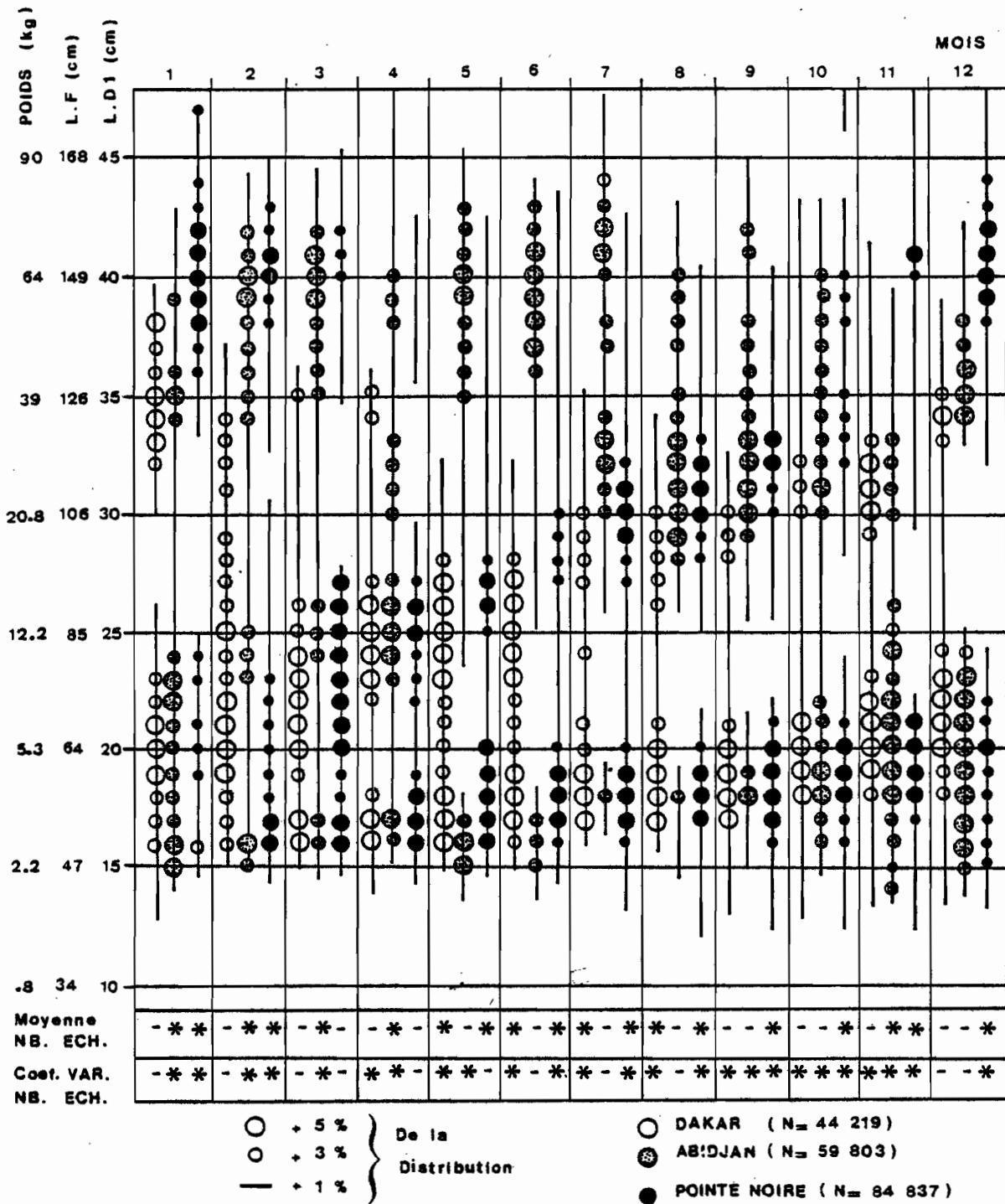


Fig. 8.- Schématisation des distributions de fréquence cumulées (1969 à 1977), par secteur et par mois, pour les mensurations effectuées sur la flottille F.I.S. (senneurs + canneurs).

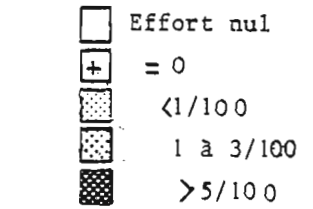
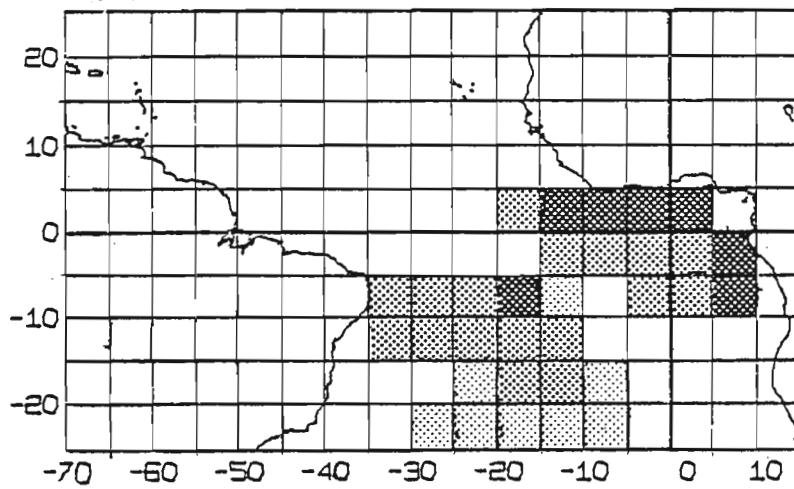


Figure 9 :
janvier

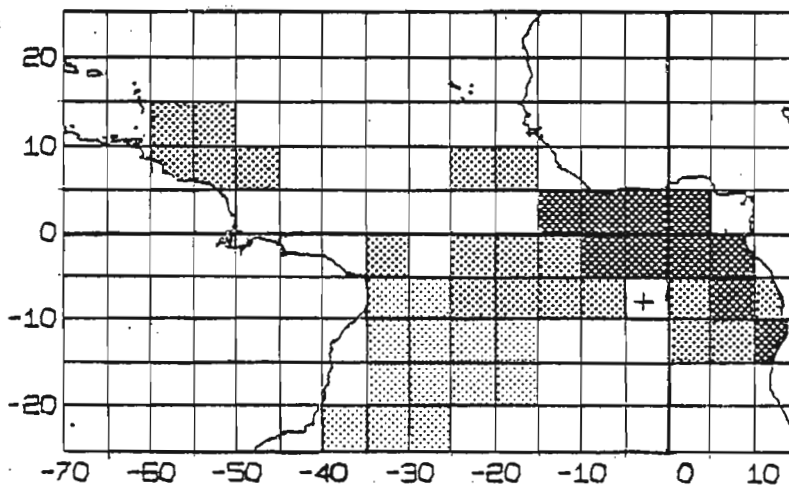


Figure 10 :
février

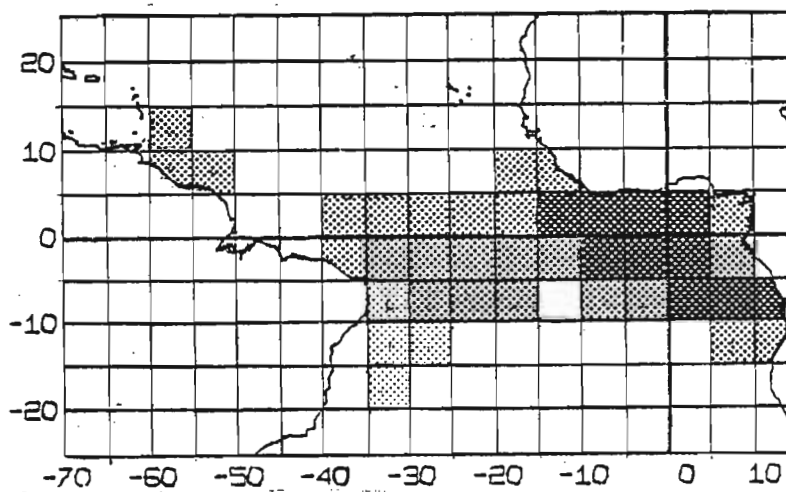


Figure 11 :
mars

Fig. 9 à 11.- pue mensuelles en albacores des palangriers japonais par secteur 5° x 5° (moyenne de 1957 à 1965) en janvier, février et mars.

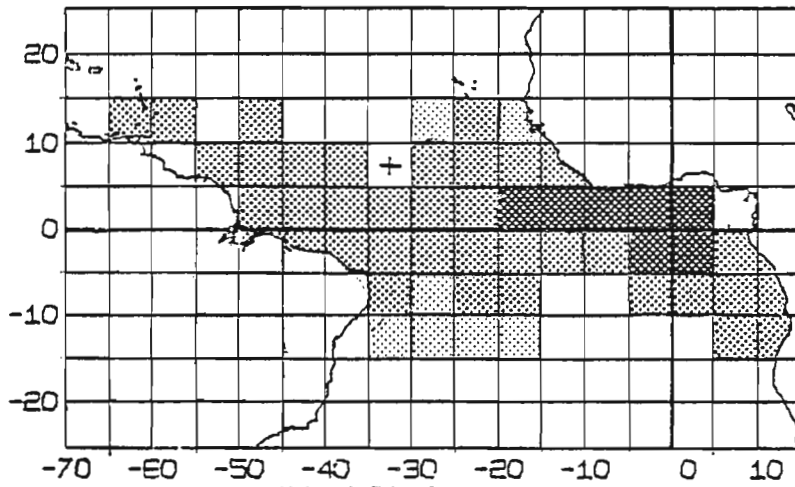


Figure 12 :
Avril

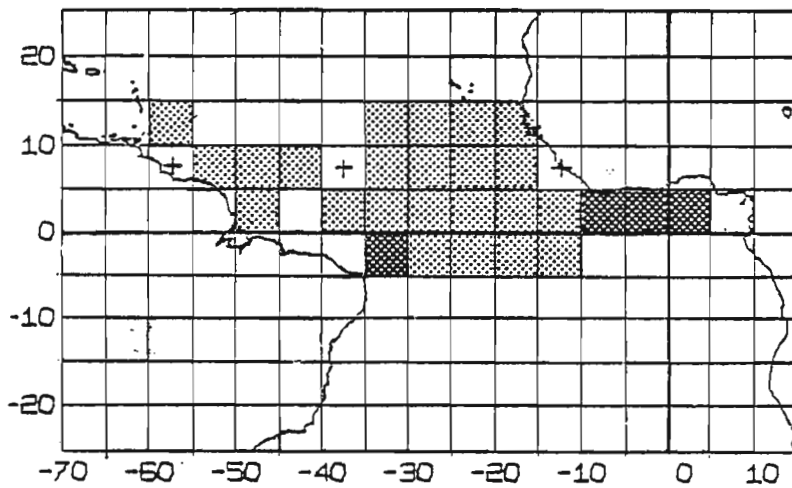


Figure 13 :
mai

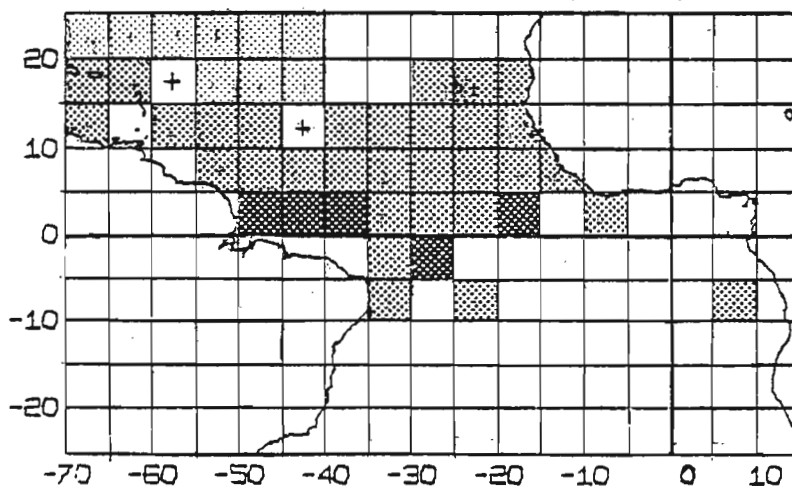


Figure 14 :
juin

Fig. 12 à 14.- pue mensuelles en albacores des palangriers japonais par secteur 5° x 5° (moyenne de 1957 à 1965) en avril, mai et juin.

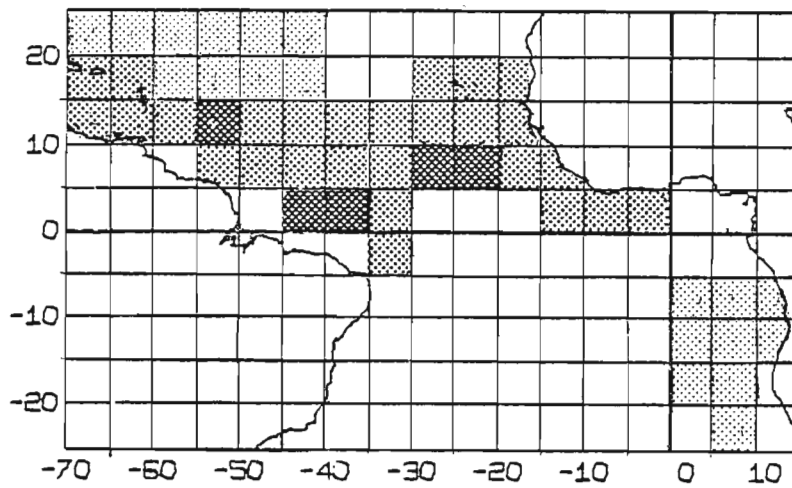


Figure 15 :
juillet

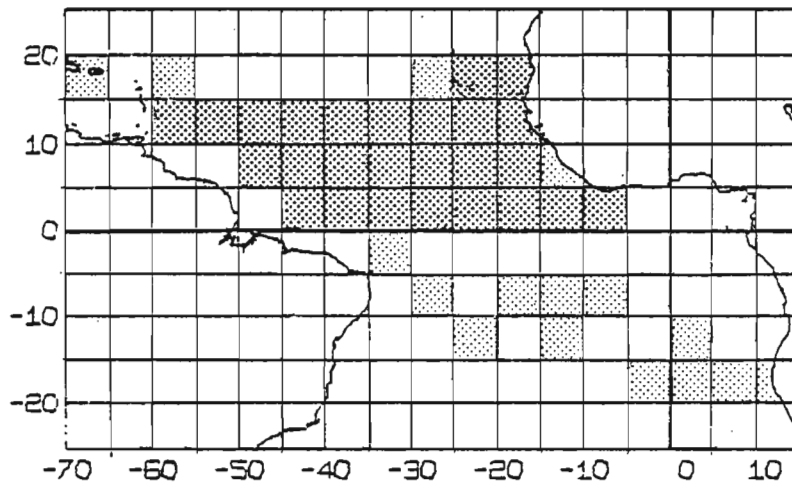


Figure 16 :
Aout

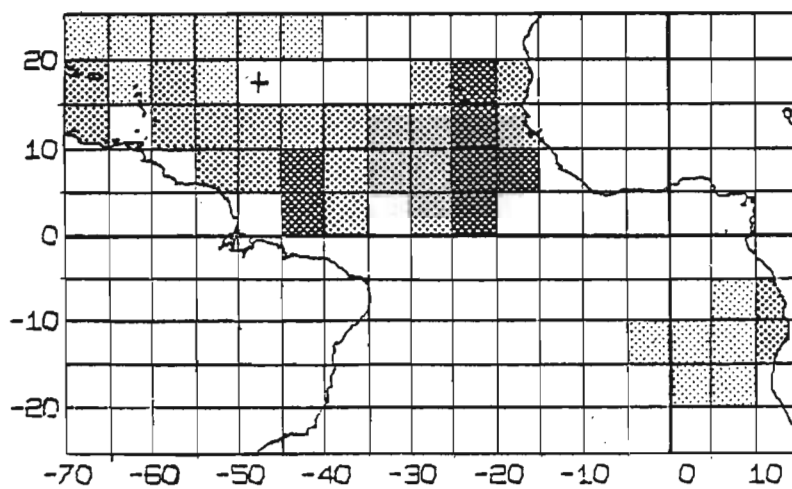


Figure 17 :
septembre

fig. 15 à 17.- pue mensuelles en albacores des palangriers japonais par secteur 5° x 5° (moyenne de 1957 à 1965) en juillet, août et septembre.

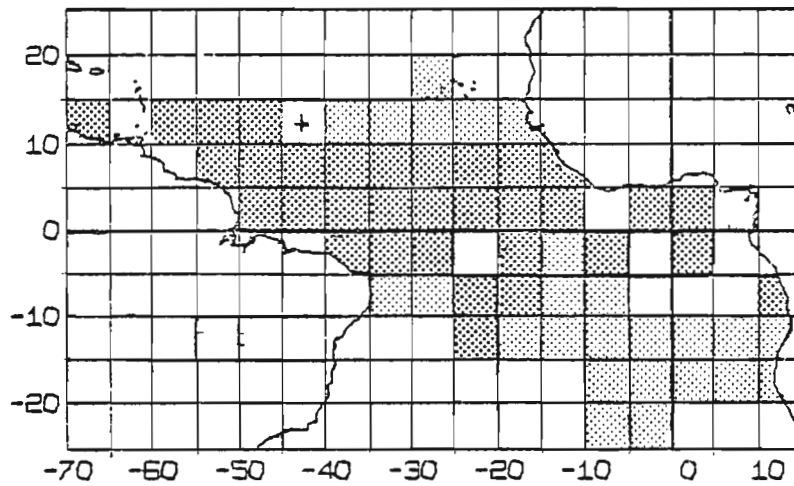


Figure 18 :
octobre

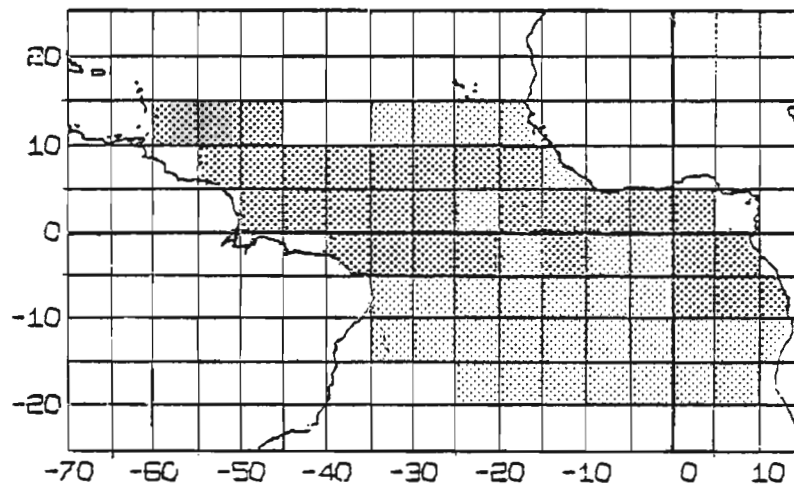


Figure 19 :
novembre

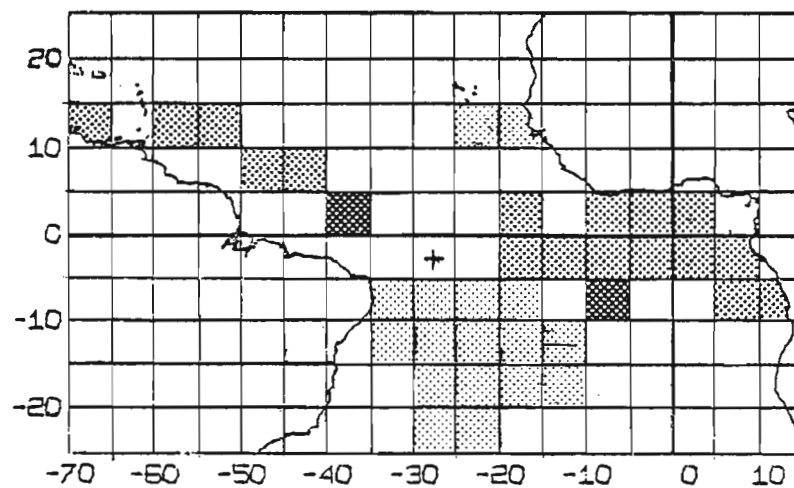


Figure 20 :
décembre

Fig. 18 à 20.- pue mensuelles en albacores des palangriers japonais par secteur 5° x 5° (moyenne de 1957 à 1965) en octobre, novembre et décembre.

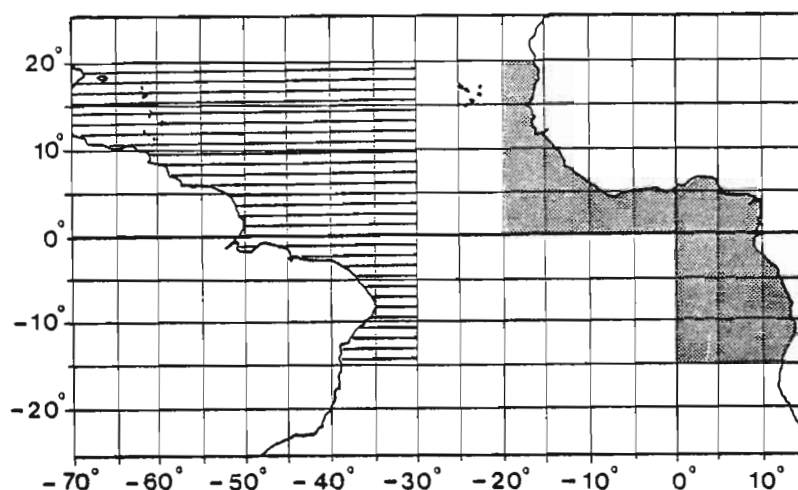


Fig. 21.- Subdivisions de l'atlantique tropical en 3 secteurs retenues par l'analyse de la population d'albacore.

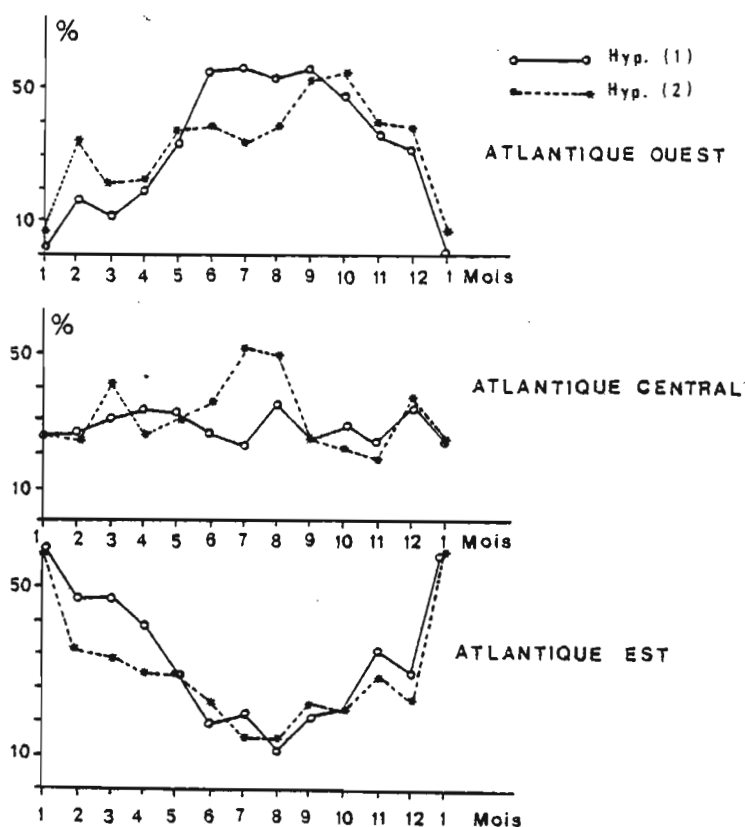


Fig. 22.- Abondance relative mensuelle de la population d'albacore atlantique dans les trois secteurs de la figure 21 ; estimations basées sur les p.u.e. moyennes de la pêche palangrière de 1957 à 1965 selon deux hypothèses relatives aux carrés $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ sans effort de pêche :

Hyp. (1) : l'abondance y est nulle

Hyp. (2) : l'abondance y est égale à celle des carrés explorés.

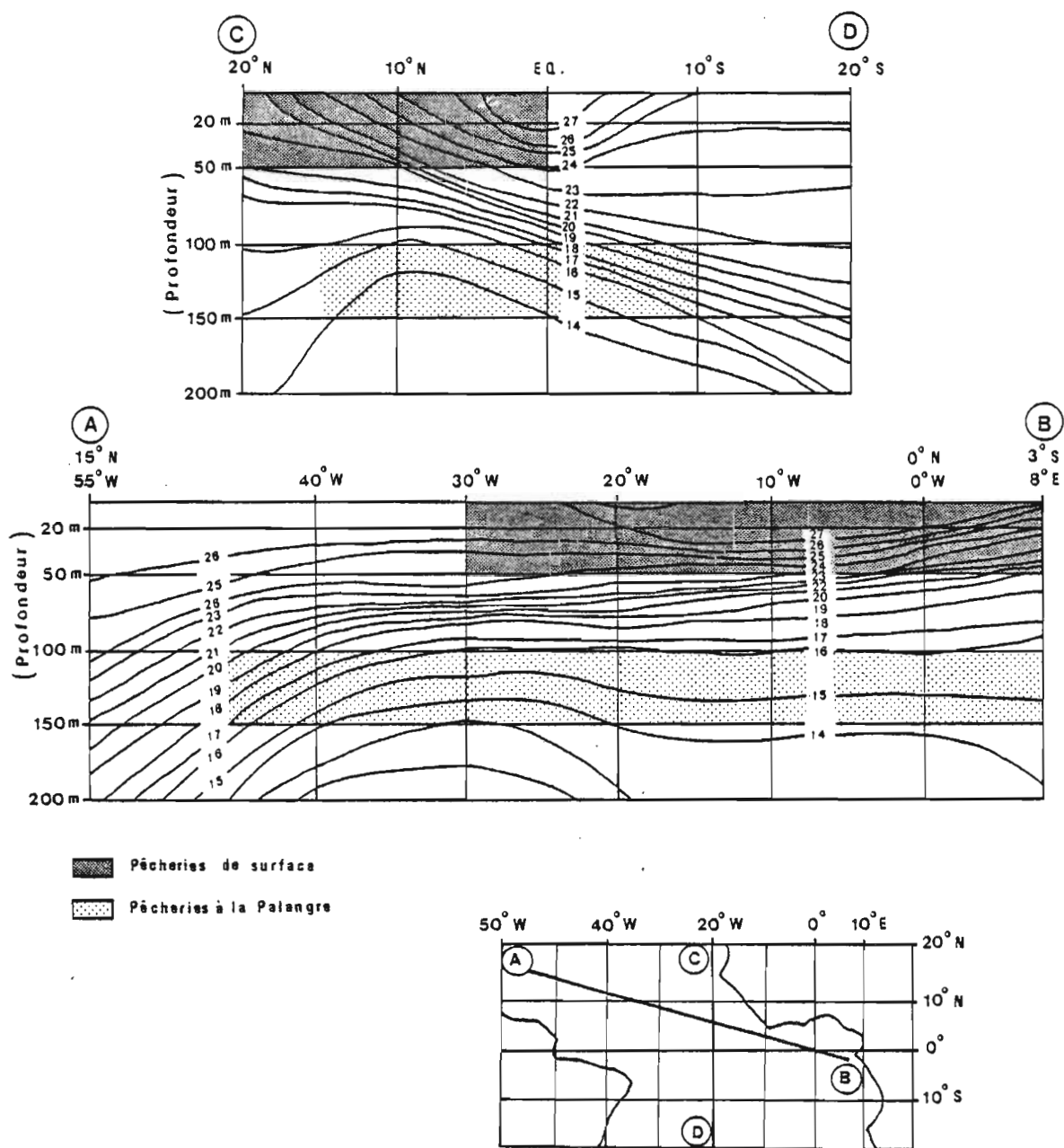


Fig. 23.- Coupe thermique (moyenne annuelle), de 0 à 200 M sur deux coupes reliant les points de coordonnées :

A : 55° Ouest - 15° Nord C : 20° Ouest - 20° Sud

B : 8° Est - 3° Sud D : 20° Ouest - 20° Sud

Cette coupe est tracée d'après les données de l'atlas de Merle 1978 .

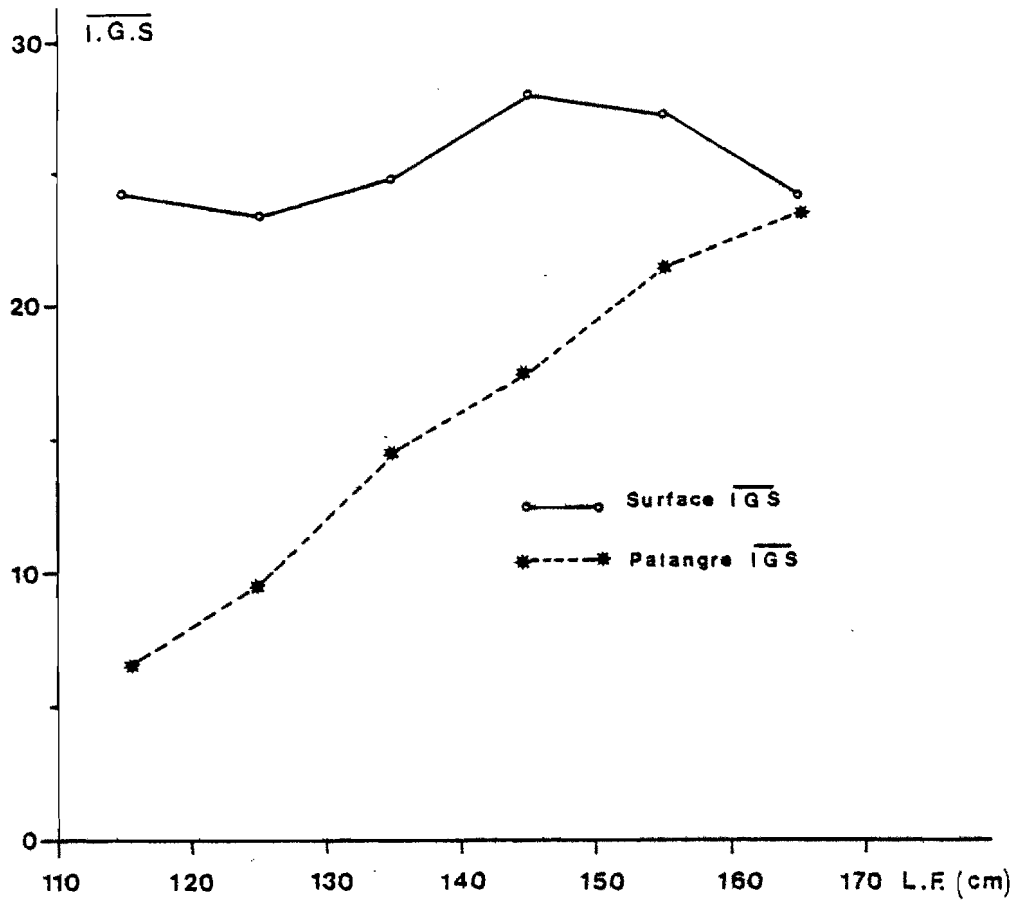


Fig. 24.- Indices gonadosomatiques en fonction de la taille des albacores pour les individus capturés à la palangre (palangriers japonais de 1957 à 1973) et à la senne (senneurs FISM de 1975 à 1977).

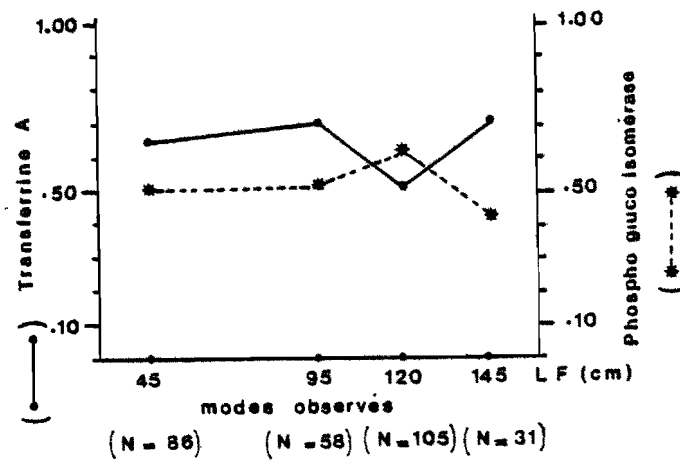


Fig. 25.- Fréquence des allèles de la transferrine A et de la phospho gluco isomérase 2 dans l'échantillon de 280 albacores de l'Atlantique. (d'après SHARP Communication personnelle).

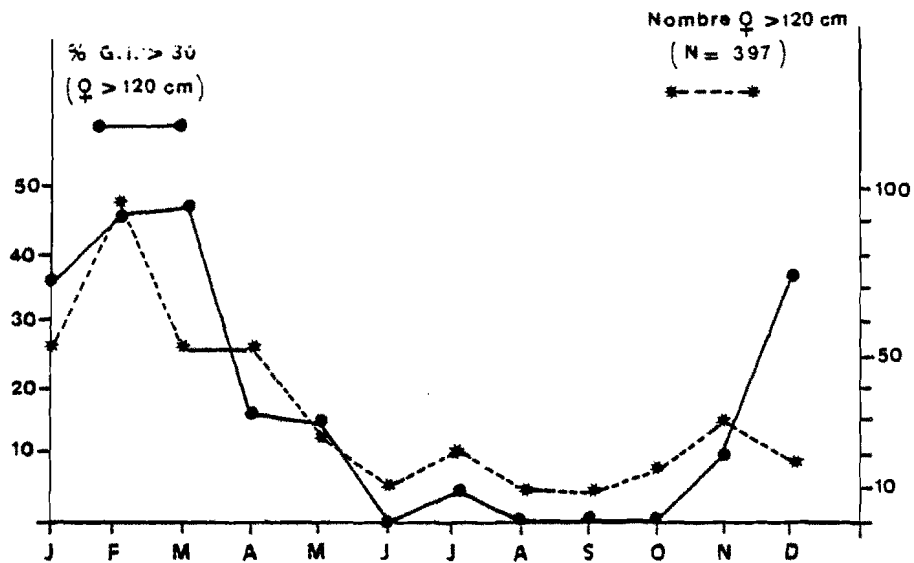


Fig. 26.- Pourcentage des indices gonadosomatiques mensuels supérieurs à 30 chez les albacores femelles, dans l'échantillon des captures de la flottille FISM analysé par ALBARET 1977, de janvier 1974 à octobre 1976.

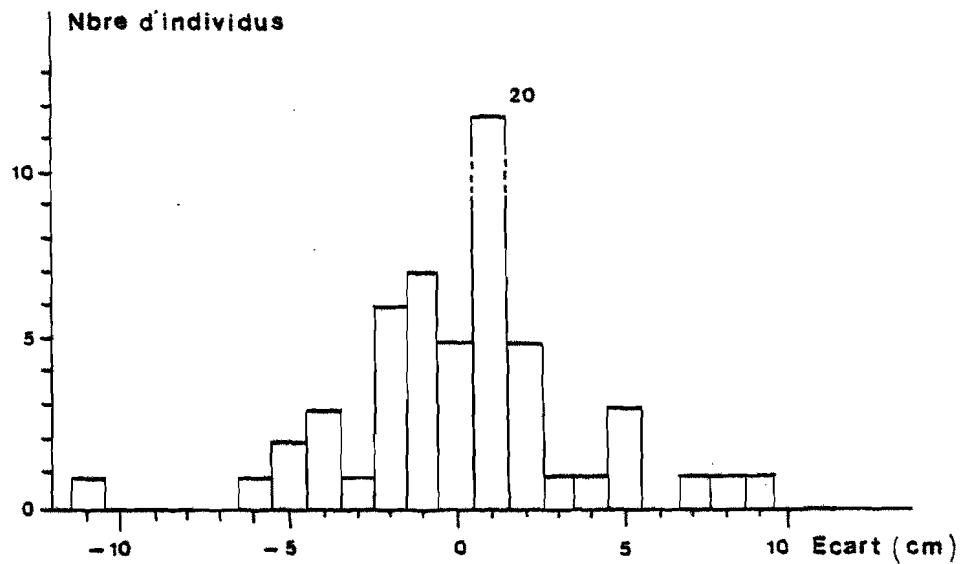


Fig. 30.- Fréquence des écarts entre les longueurs mesurées au marquage et à la recapture pour les 59 albacore recapturés durant les 15 jours après leur marquage.

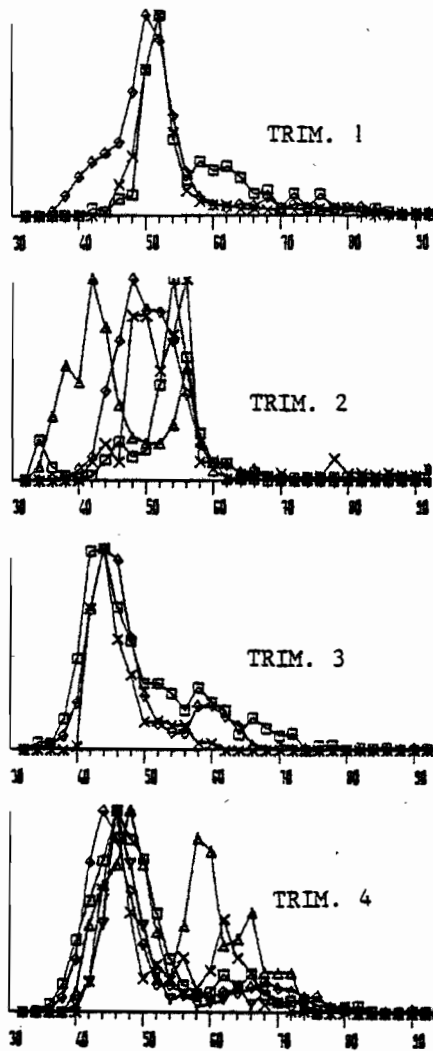


Figure 27 : Superposition des fréquences de taille des débarquements trimestriels d'albacores de la flottille de canneurs de Tema, de 1973 à 1976 (classes de 2cm)

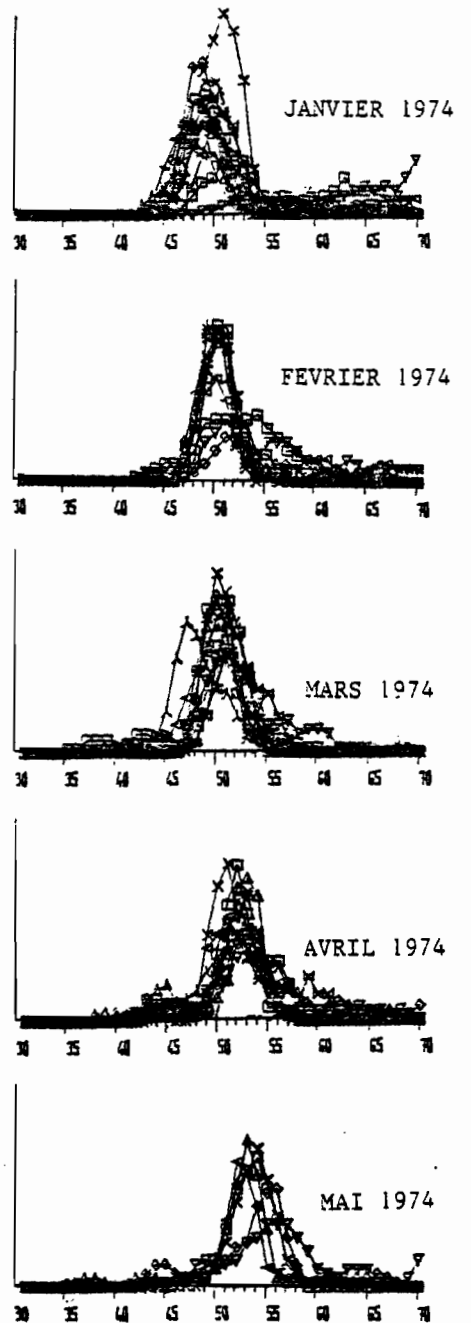


Figure 28 : Superposition des échantillons de fréquence de tailles mensuelles des albacores débarqués par la flottille de Tema. Exemple de janvier 1974 à mai 1974.

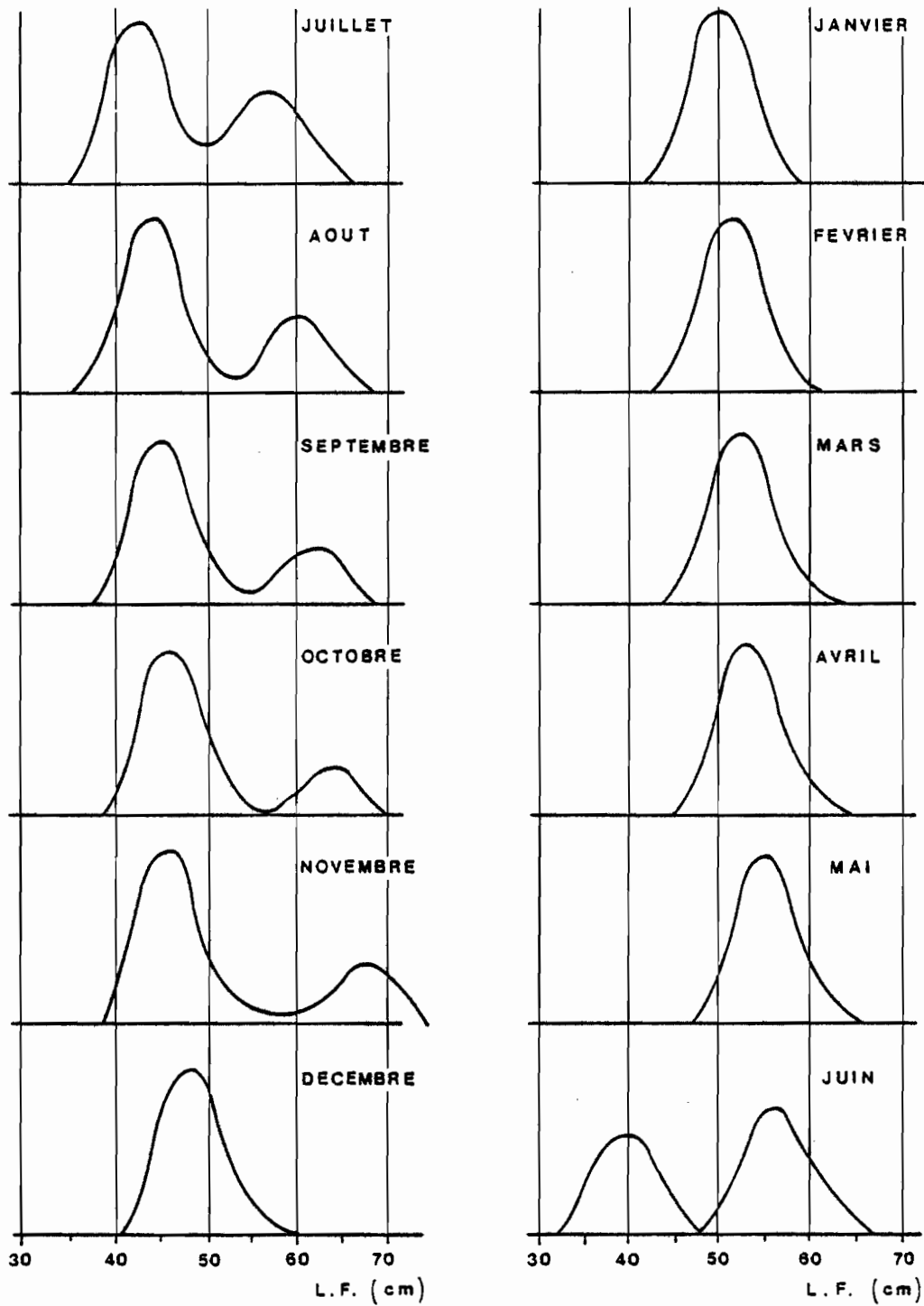


Fig. 29.- Schéma typique des structures modales et de leur déplacement apparent dans les débarquements d'albacores de TEMA.

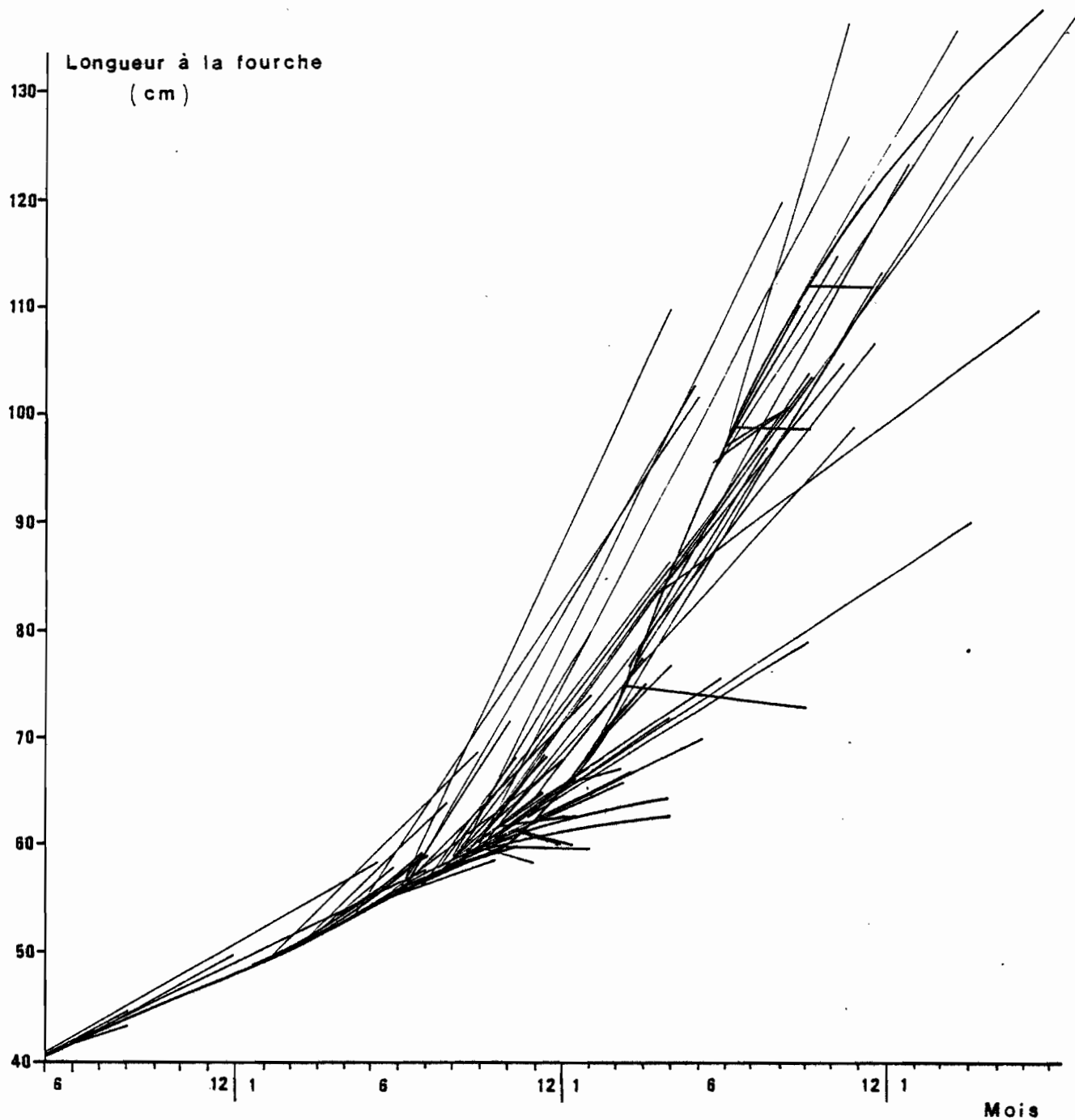


Fig. 31.- Longueurs au marquage et à la recapture des albacores, reportées sur une courbe de croissance de VON BERTALANFFY ayant pour paramètres :
 $L_{\infty} = 194,8$; $k = 0,035$; $t_0 = 7,48$.

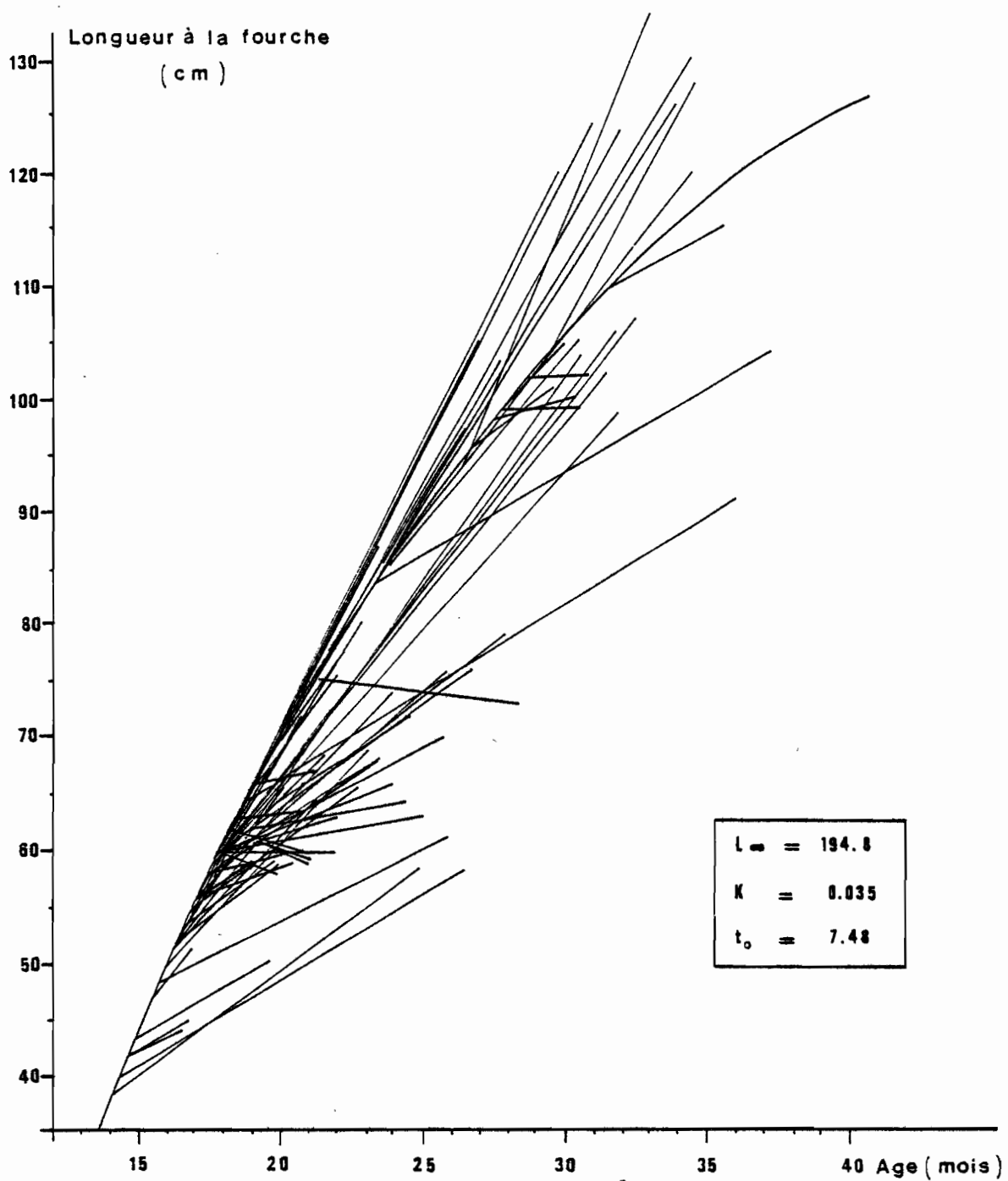


Fig.32.- Longueurs au marquage et à la recapture des albacores, en fonction du déplacement apparent des modes dans les pêcheries de Tema et FISM.

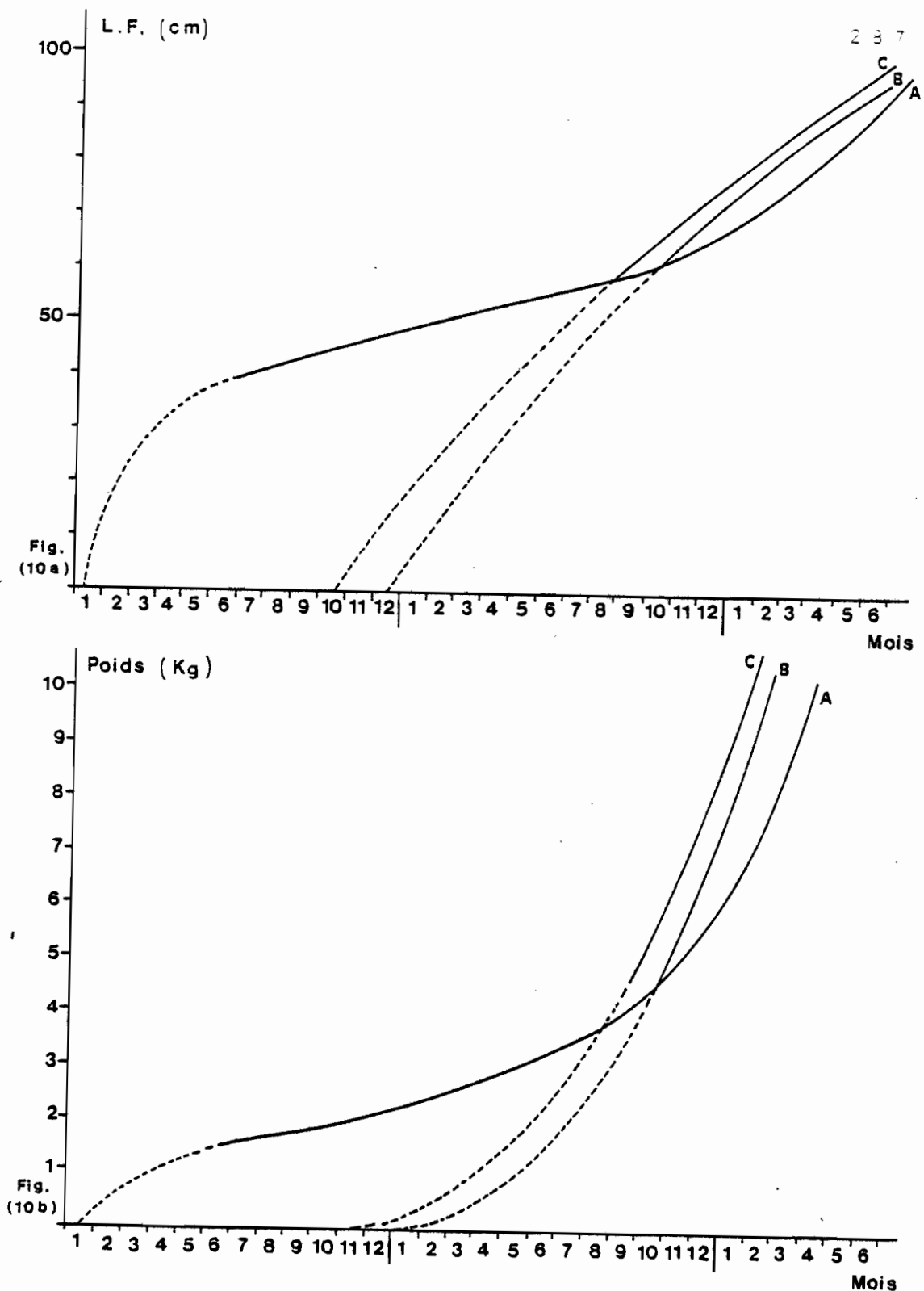


Fig. 33.- Comparaison de la croissance pondérale et en longueur des albacores juvéniles : A : selon la méthode de PETERSEN et les résultats des marquages.

B et C : selon la loi de VAN BERTALANFFY proposée par LE GUEN et SAKAGAWA 1973 (B: $k=0,044$, $L_{\infty}=175,17$, $t_0=9,64$; C: $k=0,035$, $L_{\infty}=194,8$, $t_0=7,48$) (Le trait plein correspond à des observations, le trait pointillé à une extrapolation).

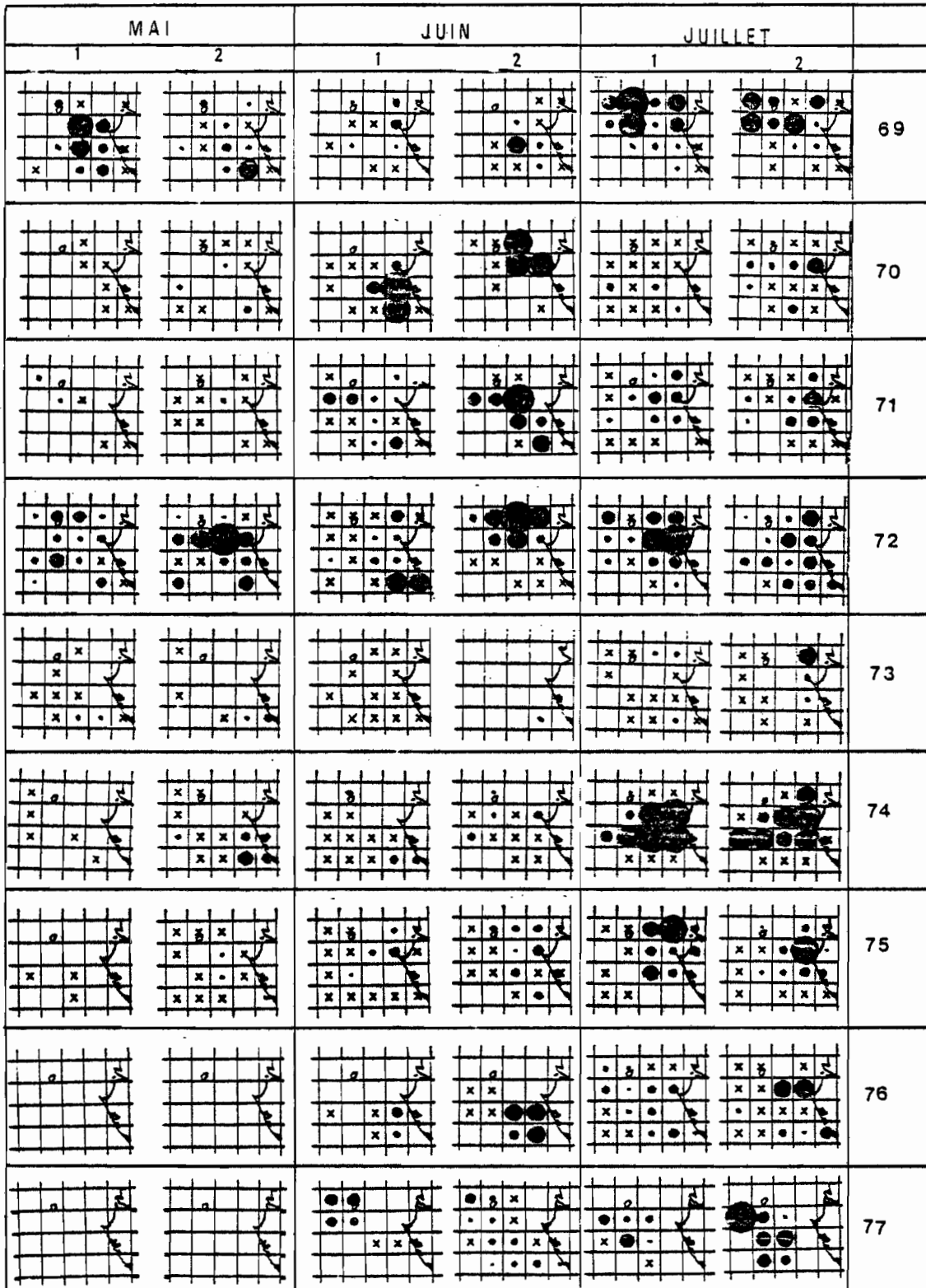


Fig. 35.- Un exemple de concentration saisonnière : la saison de pêche du Cap Lopez de mai à juillet. (cartes de prises d'albacore par quinzaine et carré de 1° de 1969 à 1977).

• 10 ● 100 ● 500 +

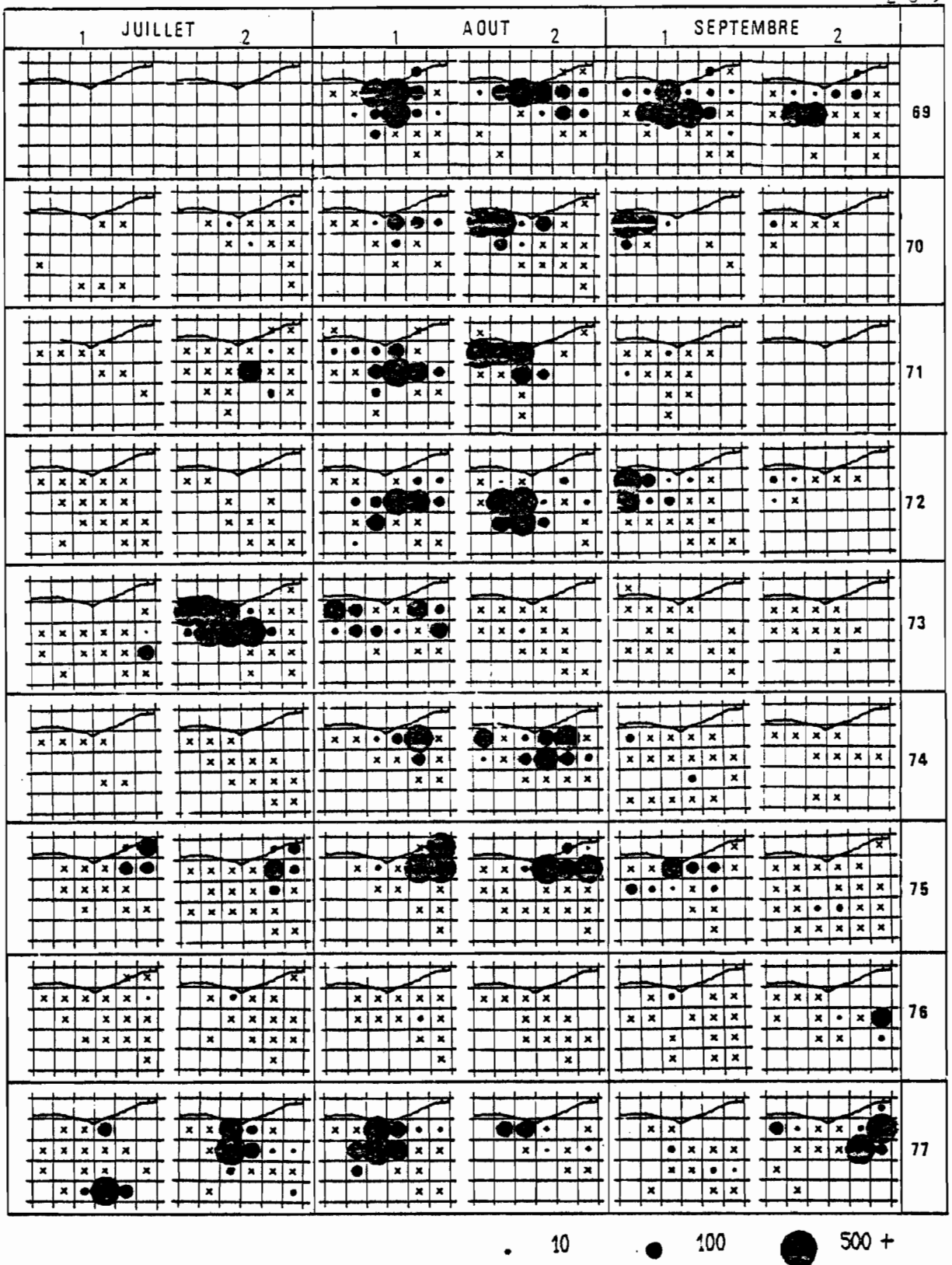


Fig. 36.- Un exemple de concentration saisonnière : la saison de pêche du Cap des Trois Pointes de juillet à septembre (cartes de prises d'albacore par quinzaine et carré de 1° de 1969 à 1977).

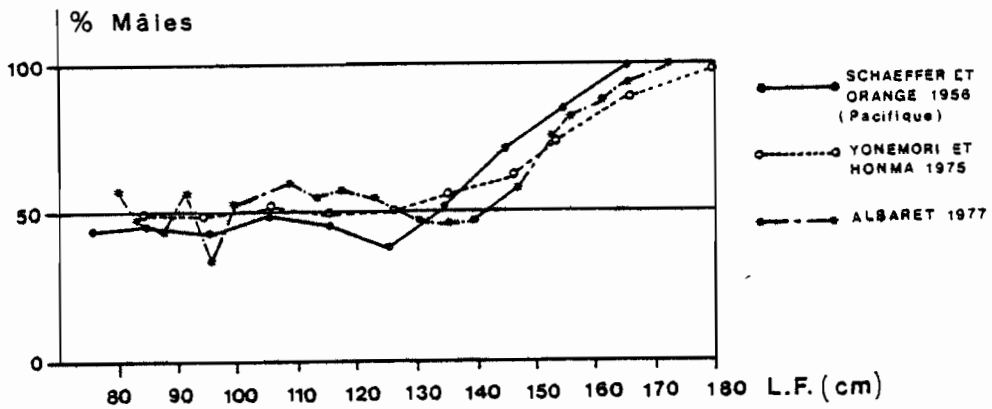


Fig. 34.- Evolution du pourcentage de mâles en fonction de la taille pour les albacores capturés par les pêcheries de surface du Pacifique et de l'Atlantique (figure reprise d'après ALBARET 1977).

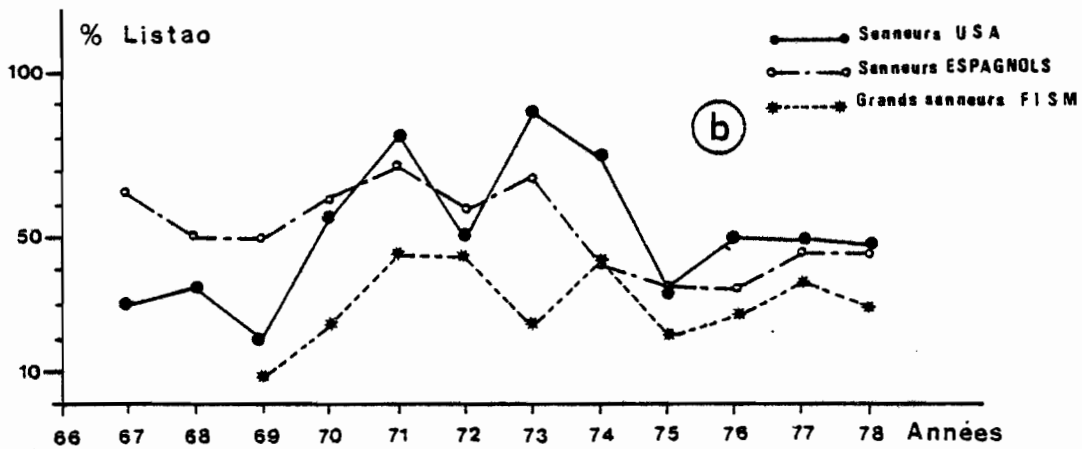
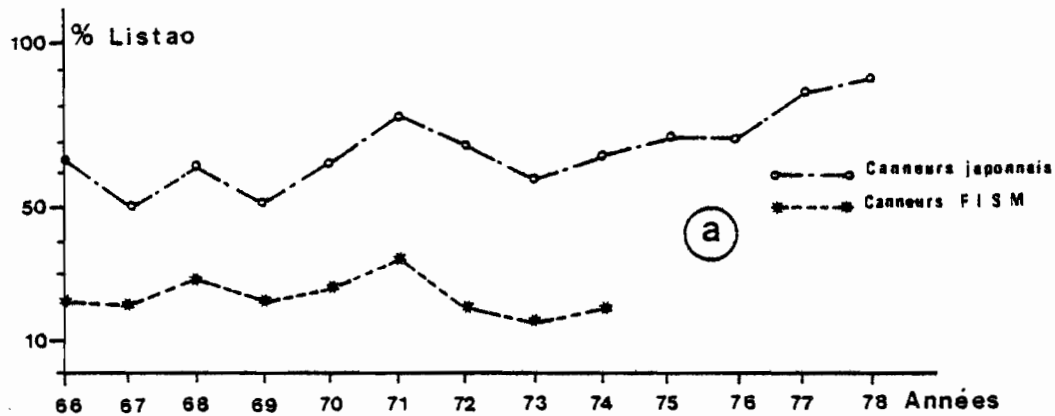


Fig. 37.- Pourcentage de listao dans les captures de senneurs (b) et de canneurs (a).

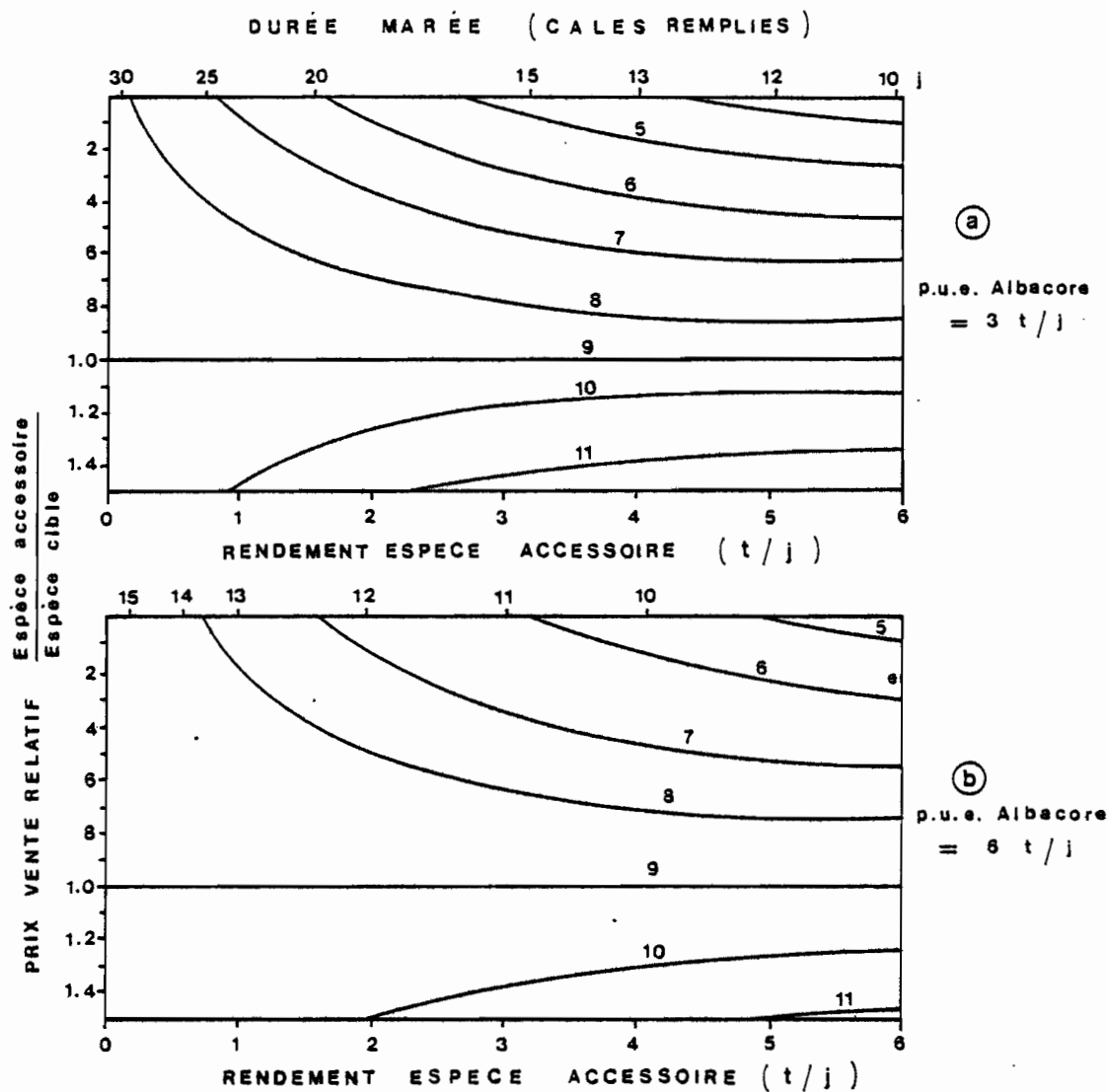


Fig. 38.- Isocourbes de prix de vente d'une prise mixte bispécifique (espèce cible et espèce accessoire) en fonction du prix de vente relatif des deux espèces et du rendement de l'espèce accessoire pour un senneur de 90 t de capacité.

(a) faible rendement de l'espèce cible (3 t/j)

(b) rendement élevé de l'espèce cible (6 t/j)

La durée du remplissage des cales, déterminant la durée maximale de la marée est indiquée pour mémoire.

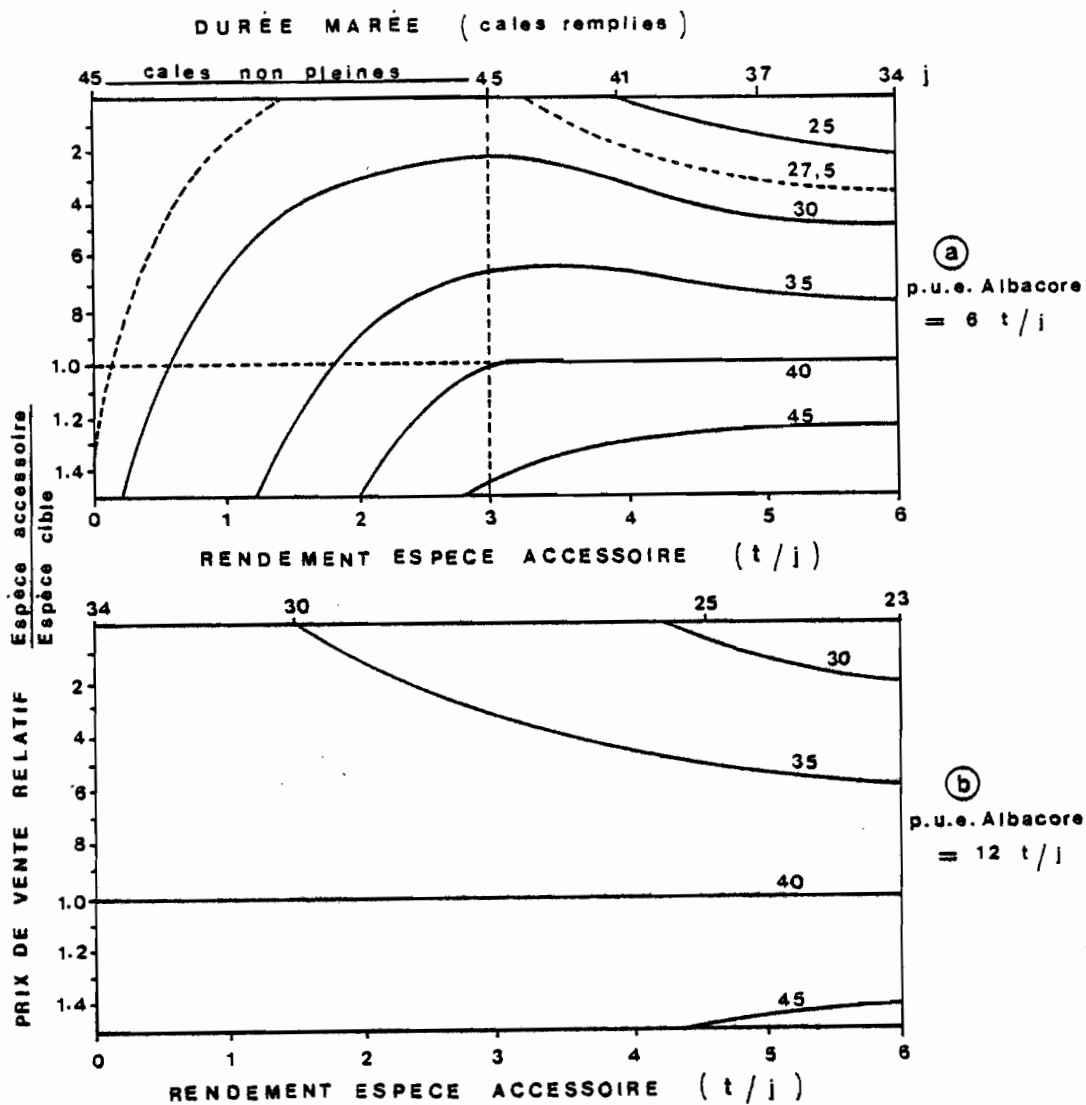


Fig. 39.- Isocourbes de prix de vente d'une prise mixte bispécifique (espèce cible et espèce accessoire) en fonction du prix de vente relatif des deux espèces et du rendement de l'espèce accessoire pour un senneur de 400 t de capacité.

(a) faible rendement de l'espèce cible (3 t/j)

(b) rendement élevé de l'espèce cible (6 t/j)

La durée du remplissage des cales, déterminant la durée maximale de la marée est indiquée pour mémoire.

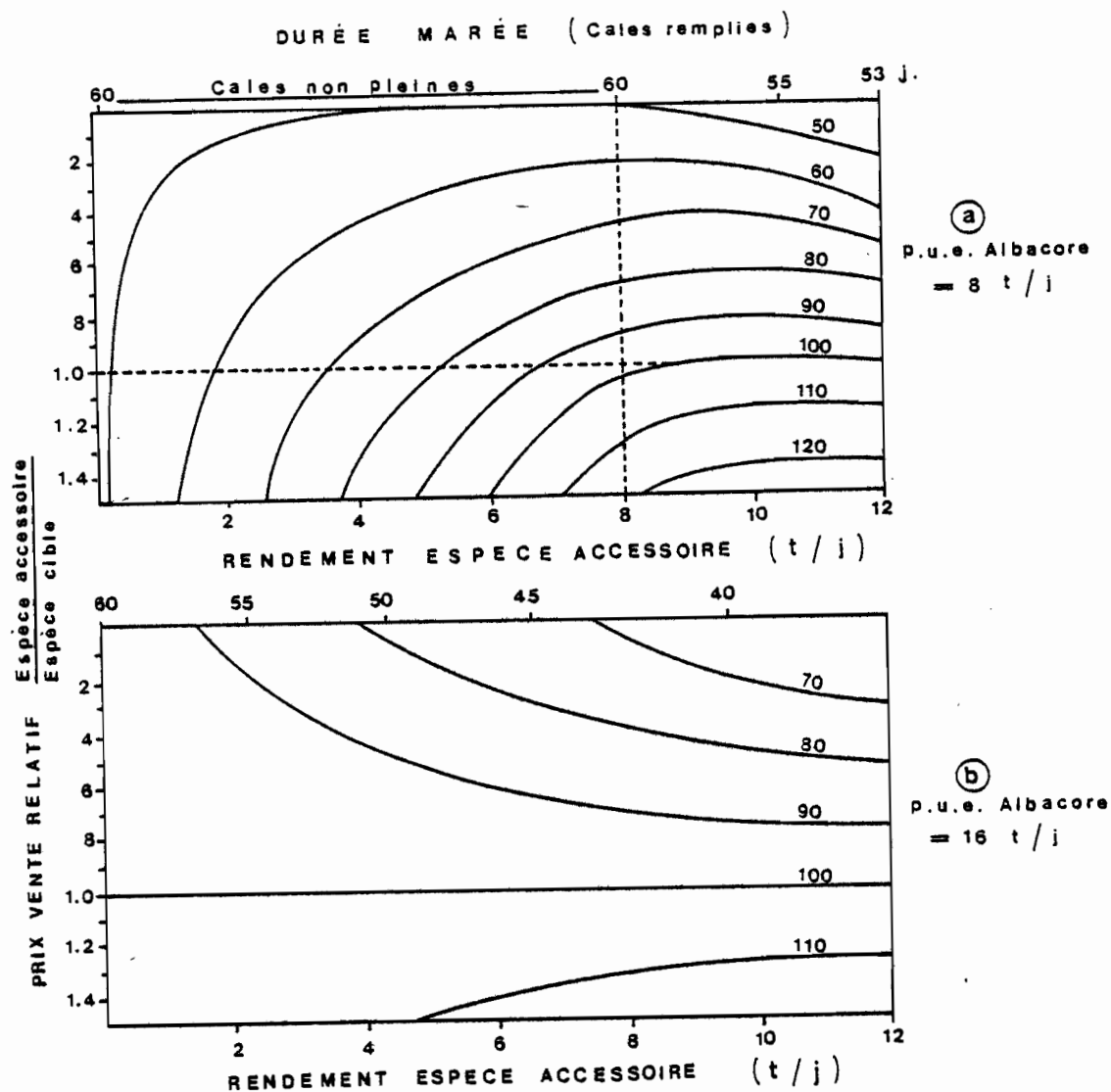


Fig. 40.- Isocourbes de prix de vente d'une prise mixte bispécifique (espèce cible et espèce accessoire) en fonction du prix de vente relatif des deux espèces et du rendement de l'espèce accessoire pour un senneur de 1 000 t de capacité.

(a) faible rendement de l'espèce cible (3 t/j)

(b) rendement élevé de l'espèce cible (6 t/j)

La durée du remplissage des cales, déterminant la durée maximale de la marée est indiquée pour mémoire.

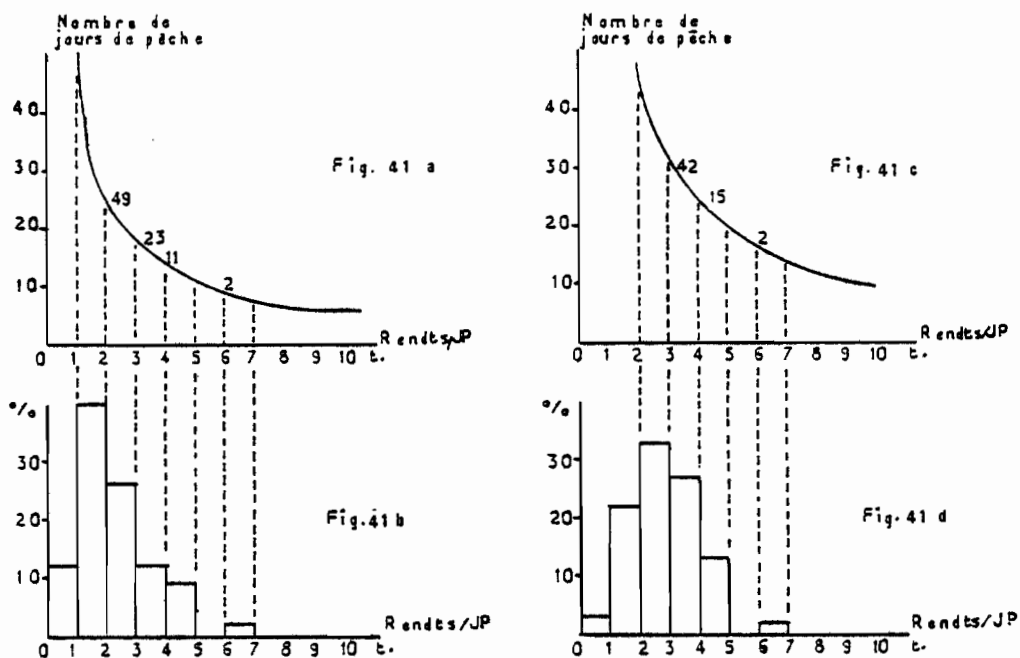


Fig. 41 a et b.- Canneurs congélateurs 2 ; capacité moyenne : 50 t.

- a) durée théorique de remplissage en fonction des rendements obtenus ;
- b) fréquence des rendements mensuels observés de 1969 à 1973.

Fig. 41 c et d.- Canneurs congélateurs 3 ; capacité moyenne : 95 t.

- c) durée théorique de remplissage en fonction des rendements obtenus ;
- d) fréquence des rendements mensuels observés de 1969 à 1973.

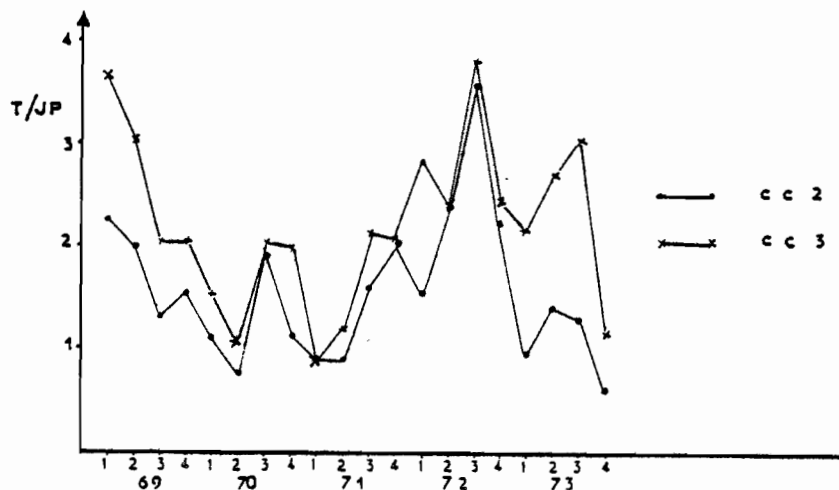


Fig. 42.- Rendements en albacore par jour de pêche (trimestre) des canneurs de catégories 2 et 3 de 1969 à 1973.

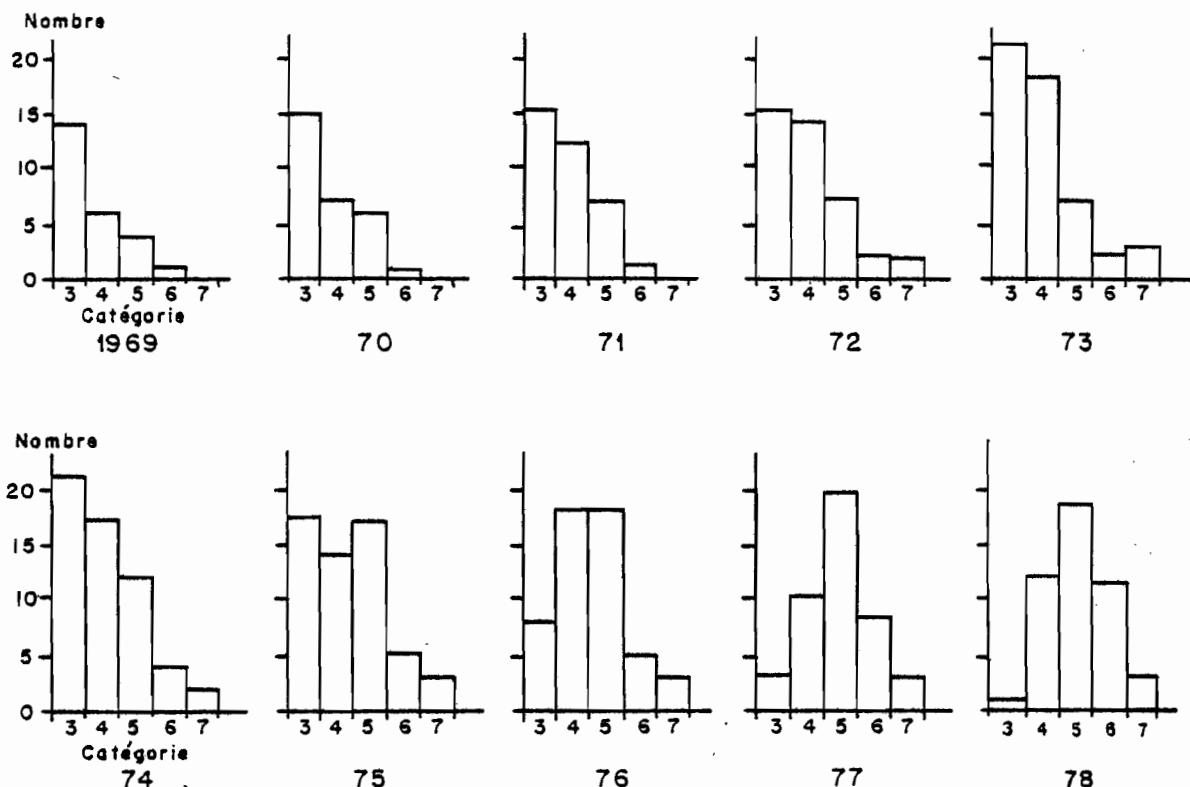


Fig. 43.- Nombre de senneurs en activité dans la flottille FIS par catégorie de jauge brute de 1969 à 1978. Catégories : 3 - 300 Tx (environ 100 t. capacité), 4 = 300 à 450 Tx (environ 200 t. capacité), 5 = 450 à 750 Tx (environ 400 t. capacité), 6 = 750 à 1250 Tx (environ 700 t. capacité). 7 = + 1250 Tx (environ 1 500 t. capacité).

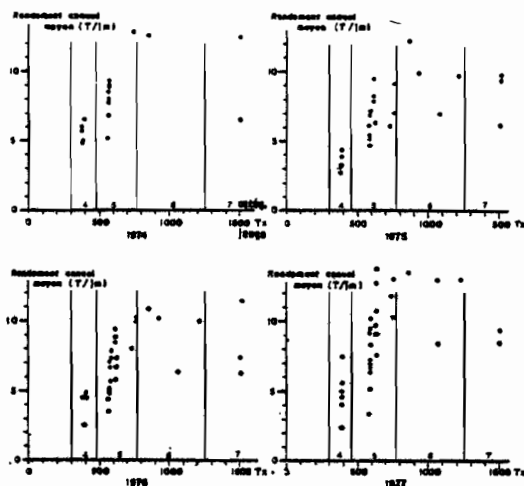


Fig. 44.- Rendements annuels moyens (toutes espèces réunies) d'un échantillon de senneurs FISM (catégories 4 à 7) en fonction de la jauge brute (un point représente un thonier annuellement) pour les années 1974 à 1977.

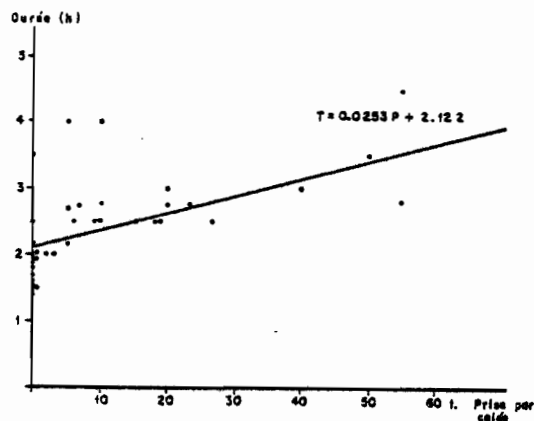


Fig. 45.- Relation entre la durée d'une calée et la prise par calée (grand senneur F.I.S.M., année 1977).

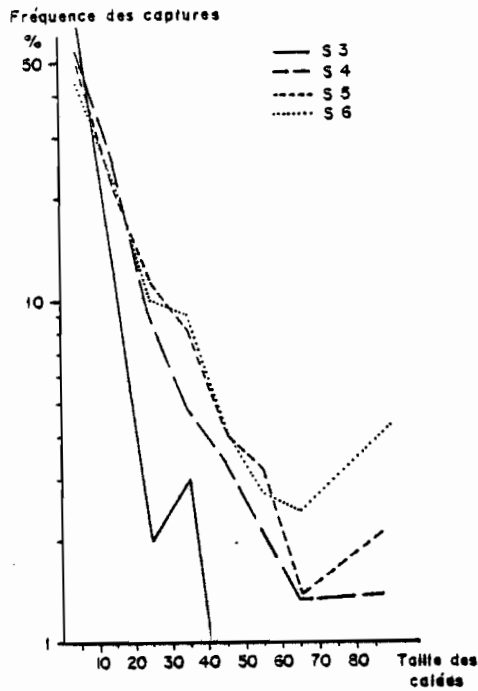


Fig. 46.- Fréquence des prises par calée en fonction de la catégorie des senneurs F.I.S.M. (Année 1977 pour S₄ à S₆ ; 1972 pour S₃).

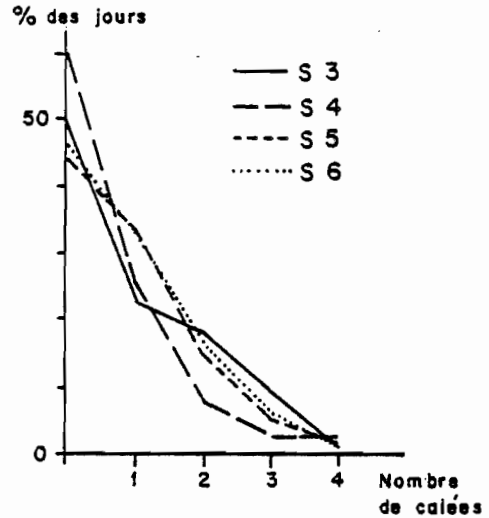


Fig. 47.- Fréquence du nombre de calées par jour de mer des différentes catégories de senneurs F.I.S.M. (Année 1977 pour S₄ à S₆, 1972 pour S₃).

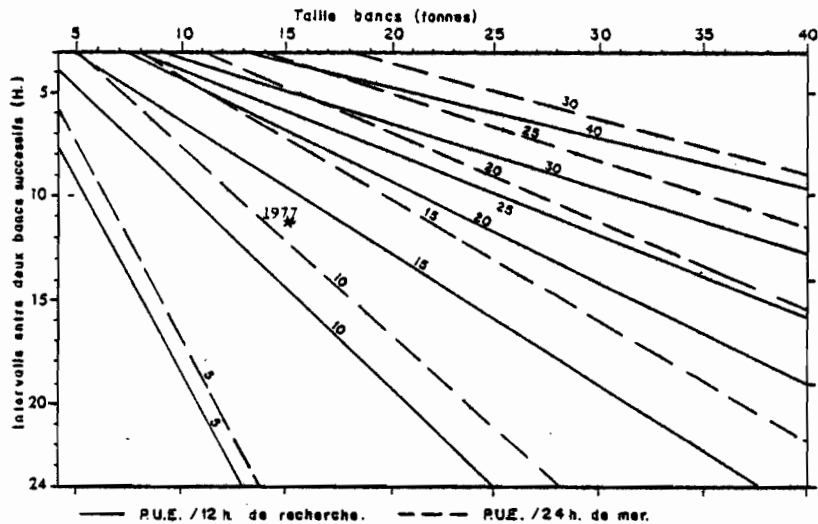


Fig. 48.- Diagramme des isocourbes de p.u.e. par jour de mer et par 12 h de recherche selon l'intervalle de temps moyen entre deux calées successives et la prise moyenne par calée (la relation entre durée d'une calée et prise par calée est celle de la figure 45). La situation de l'année 1977 est figurée dans le diagramme par un astérisque (la taille moyenne des bancs tient compte de la fréquence des calées nulles).

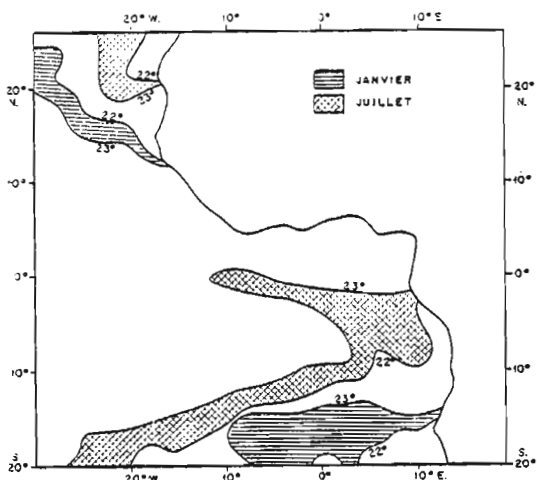


Fig. 49.- Carte des isothermes moyens de surface 22 et 23° en janvier et en juillet (d'après l'atlas d'Hastenrath et Lamb 1977).

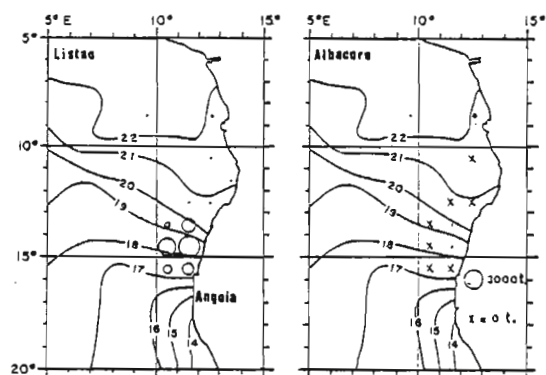


Fig. 50.- Prises d'albacore et de listao par les grands senneurs américains en septembre 1973 en relation avec les températures de surface.

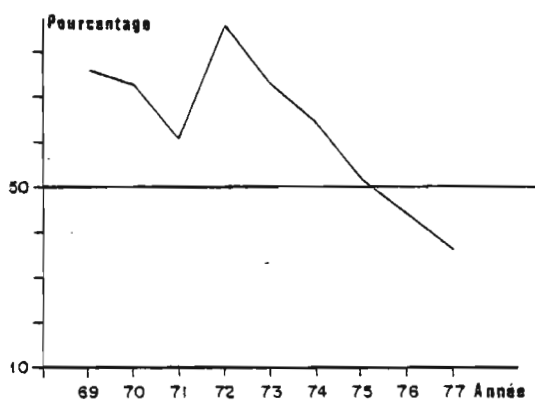


Fig. 51.- Evolution du pourcentage d'albacores capturés par la flottille F.I.S. au troisième trimestre dans le secteur du cap Lopez (défini de l'équateur à 5° Sud et de 5° à 10° Est).

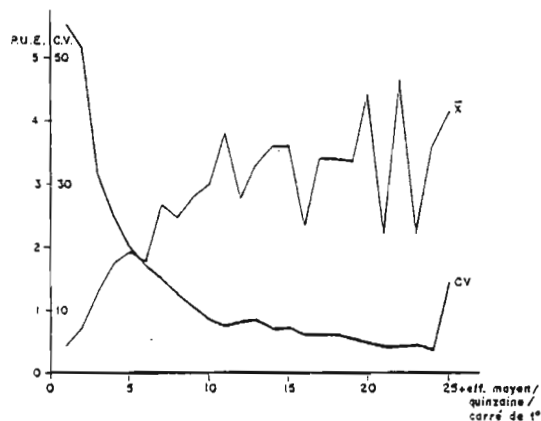


Fig. 52.- Moyenne (\bar{x}) et coefficient de variation de la p.u.e.(C.V) en fonction de l'effort moyen exercé par carré de 1° par quinzaine pour les senneurs moyens F.I.S.

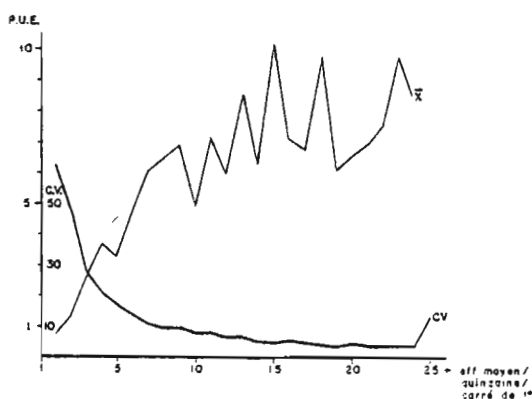


Fig. 53.- Moyenne (\bar{x}) et coefficient de variation de la p.u.e. (C.V) en fonction de l'effort moyen exercé par carré de 1°, par quinzaine, pour les grands senneurs F.I.S. .

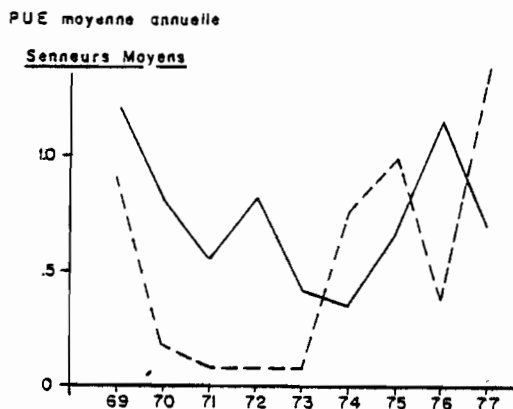


Fig. 54.- Evolution de la p.u.e. dans les carrés de 1° où un effort inférieur à 12 heures (---) ou compris entre 12 et 24 heures (—) a été exercé par quinzaine par les senneurs moyens F.I.S.

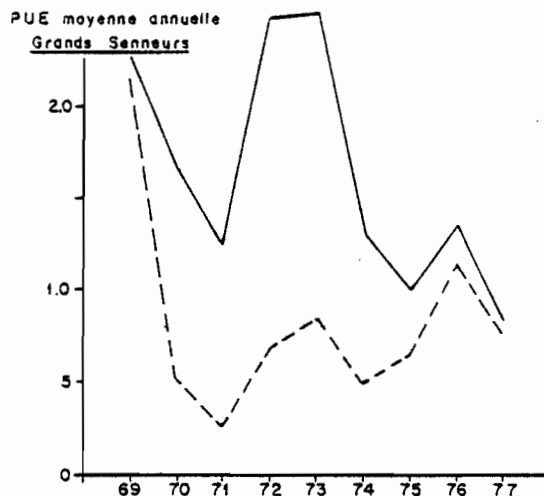


Fig. 55.- Evolution de la p.u.e. dans les carrés de 1° où un effort inférieur à 12 heures (---) ou compris entre 12 et 24 heures (—) a été exercé par quinzaine par les grands senneurs F.I.S.

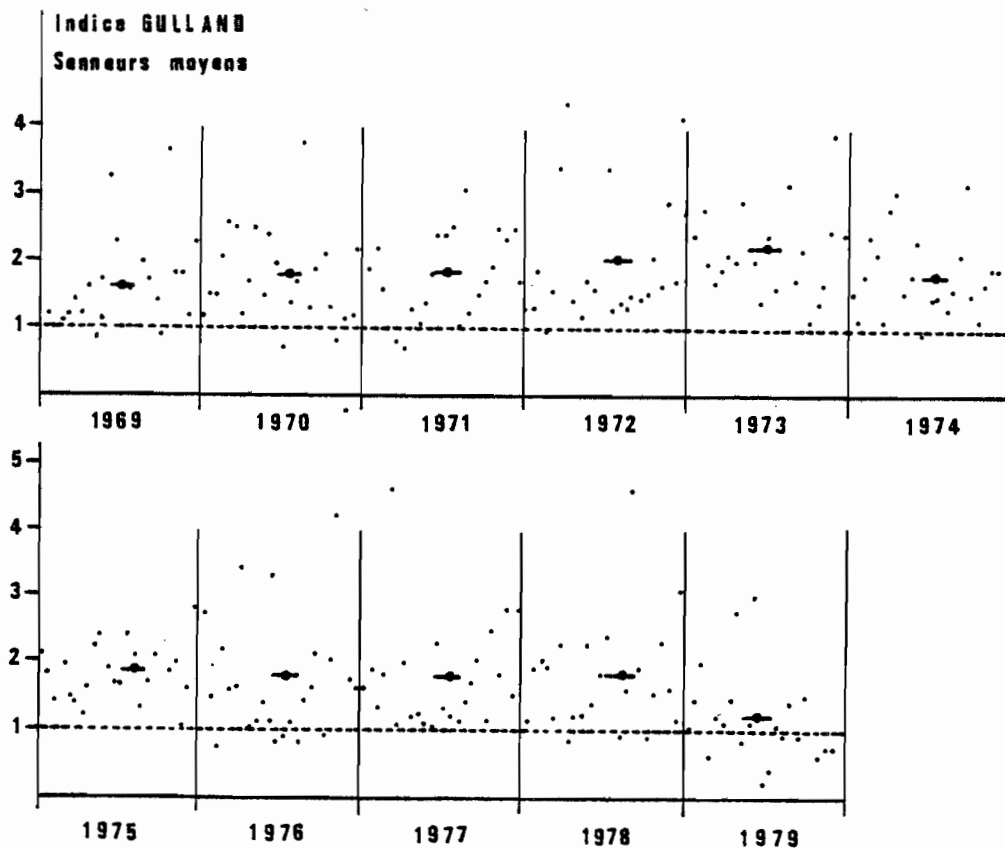


Fig. 56.- Indices de concentration de Gulland sur l'albacore par quinzaine de pêche de 1969 à 1979 pour les senneurs moyens FISM (catégories 3 et 4).

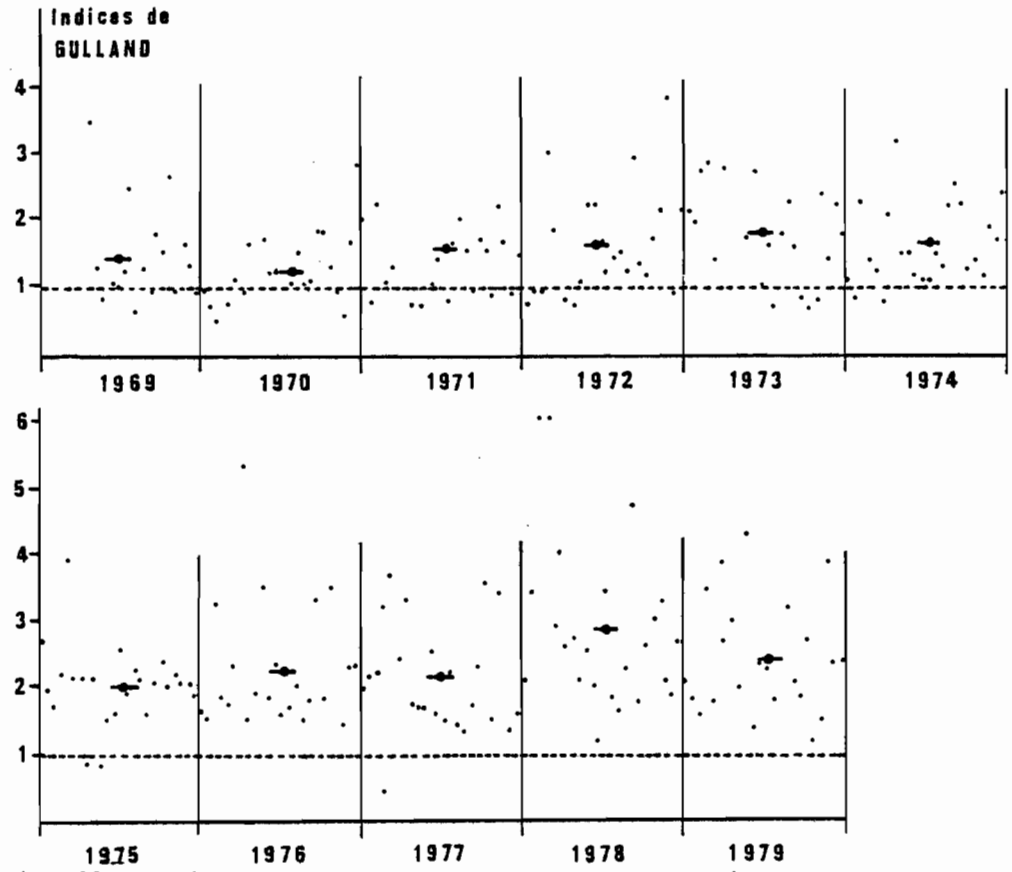


Fig. 57.- Indices de concentration de GULLAND sur l'albacore, par quinzaine de pêche de 1969 à 1977, pour les grands senneurs F.I.S. (catégorie 5 à 7). Les carrés dans lesquels un effort inférieur à 12 heures de pêche a été exercé sont éliminés du calcul.

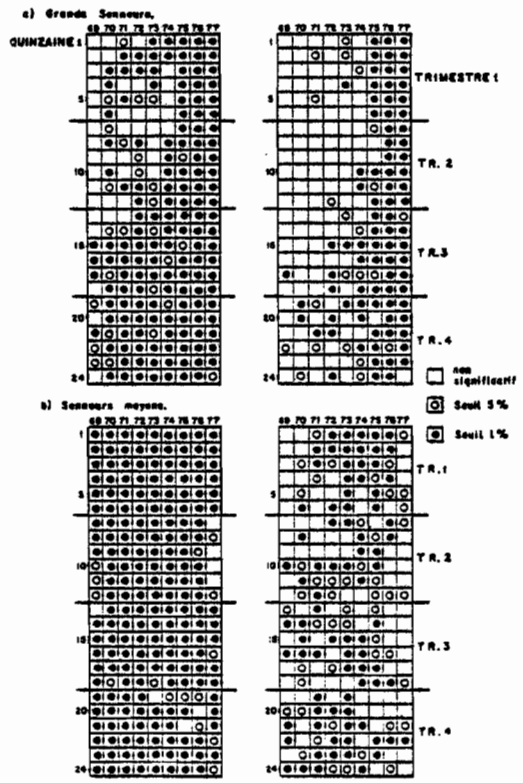


Fig. 58.- Signification des coefficients de corrélation de rang de Spearman entre l'effort et la p.u.e., par quinzaine de pêche de 1969 à 1977, pour les grands senneurs (figures du haut) et les senneurs moyens (figures du bas). Tous les carrés de 1° sont retenus sur les figures de gauche ; les carrés de 1° avec un effort inférieur à 12 h sont éliminés des calculs dans les figures de droite.

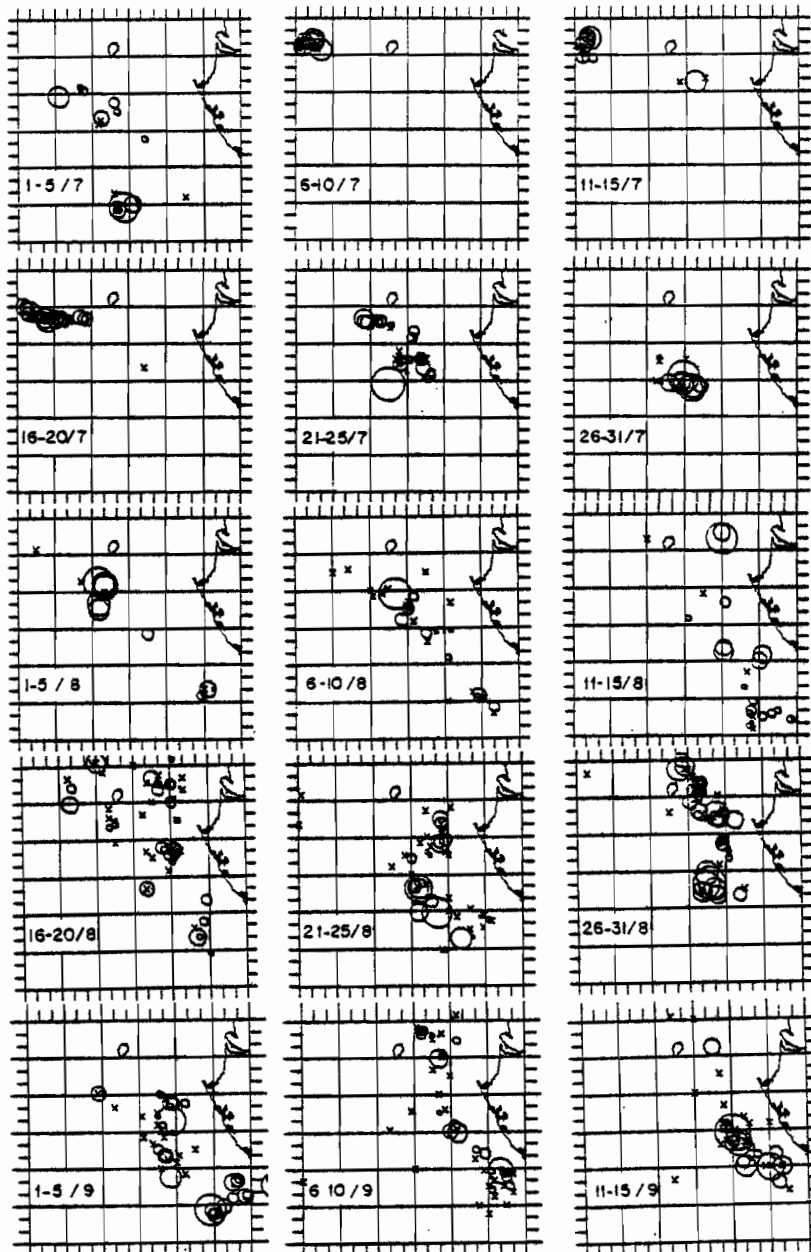


Fig. 59.- Prises des senneurs français dans le secteur du Cap Lopez du 1er juillet au 15 septembre 1977. Une croix (x) signifie un jour de pêche sans prise. Un cercle signifie une prise proportionnelle à la surface du cercle (maximum = 100 tonnes).

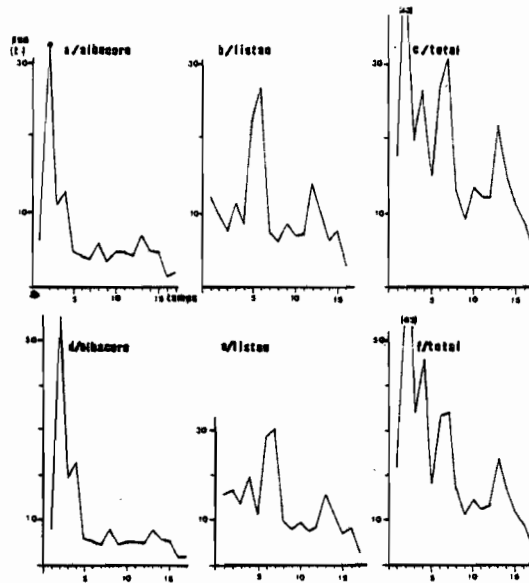


Fig. 60.- Prises par unité d'effort d'un échantillon de senneurs F.I.S., dans le secteur du cap Lopez par périodes de 5 jours, du 1er juillet au 25 septembre 1977. Cette p.u.e. est calculée par jour de pêche (a à c) et par 10 heures de recherche (d à f), pour l'albacore (a et d), pour le listao (b et e) et pour les deux espèces réunies (c et f).

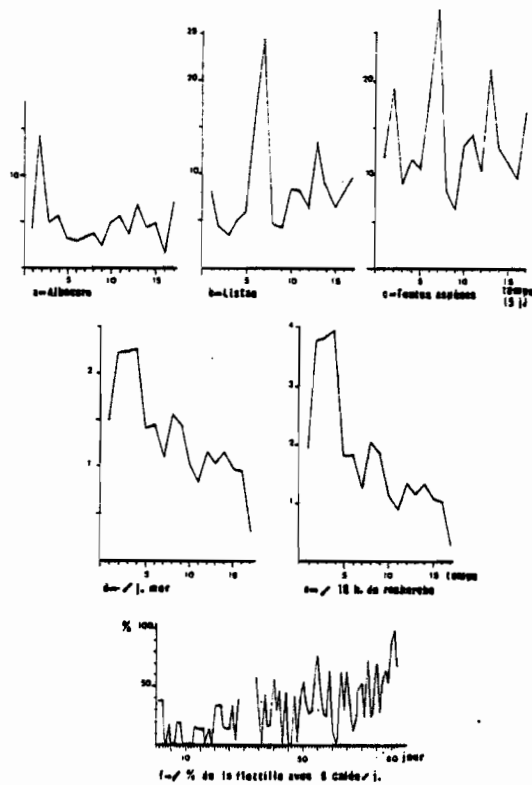


Fig. 61.- Evolution de quelques paramètres caractéristiques de la pêcherie de senneurs F.I.S. durant la période du 1er juillet au 25 septembre 1977 dans le secteur du cap Lopez (61 a à e: par périodes de 5 jours; 61 f: par jour) : a, b, c : prises par calée ; d, e : nombre de calées.

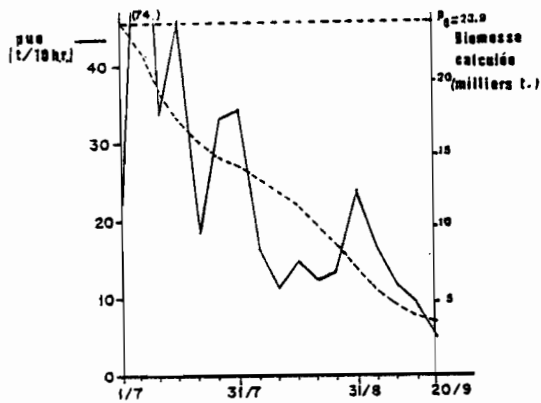


Fig. 62.- Evolution comparée des p.u.e. et de la population théorique exploitée dans le secteur du cap Lopez du 1er juillet au 20 septembre 1977 par périodes de 5 jours.

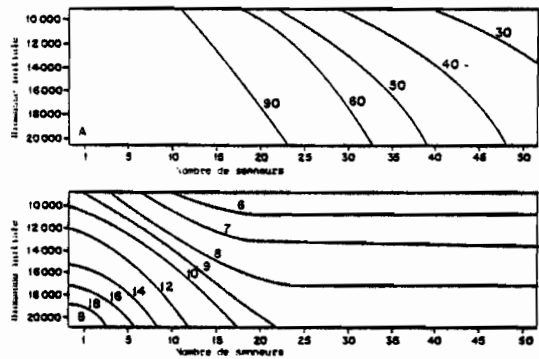


Fig. 63.- Exploitation simulée d'une concentration, évolution en fonction de la biomasse initiale présente et du nombre de senneurs : A, du nombre de jours de pêche pour que la p.u.e. par jour de pêche décroisse jusqu'à un niveau de 3 tonnes par jour. B, de la p.u.e. par jour de pêche obtenue pendant la durée de l'exploitation de la concentration.

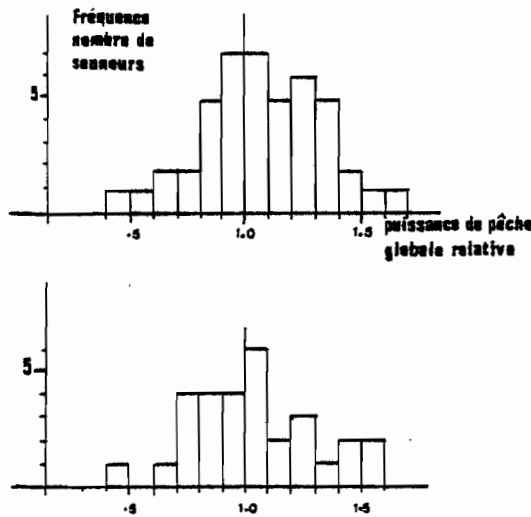


Fig. 64.- Distribution des puissances de pêche globales relatives à un bateau type ayant une puissance de pêche égale à 1.0 pour les senneurs moyens des catégories 3 et 4 (figure du haut) et les grands senneurs F.I.S. des catégories 5 à 7 (figure du bas) (Période 1969 à 1977).

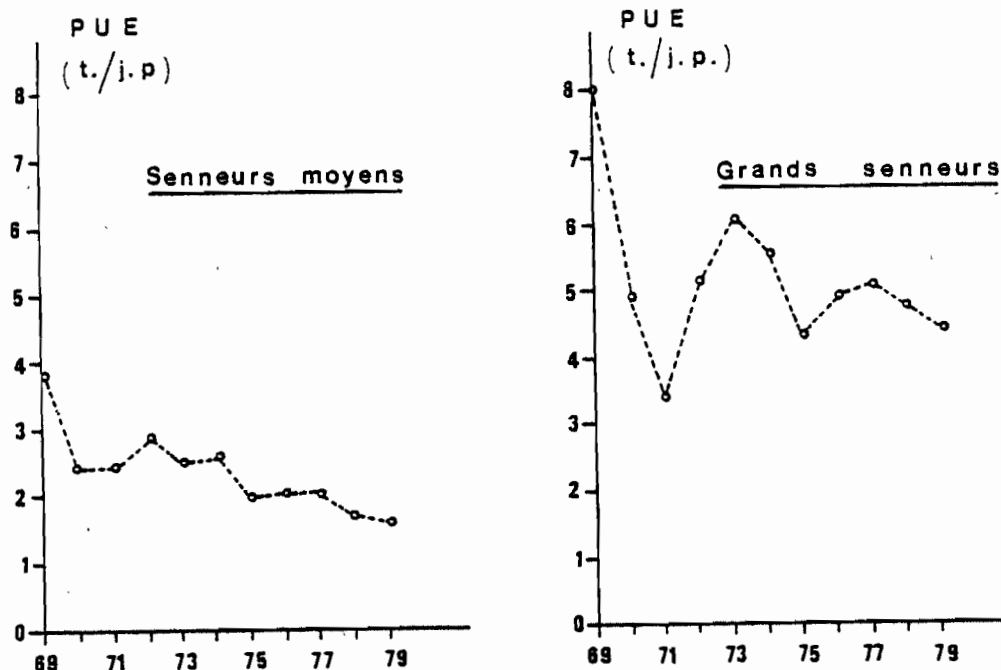


Fig. 65.- p.u.e en albacore des senneurs moyens (a) et des grands senneurs F.I.S. (b). Moyennes annuelles de 1969 à 1979 calculées selon la méthode de calcul décrite dans le secteur côtier de l'Atlantique est (réunion des trois secteurs de Dakar, Abidjan et Pointe-Noire). Les carrés de 1° dans lesquels un effort égal ou inférieur à 12 heures de pêche par quinzaine sont éliminés du calcul.

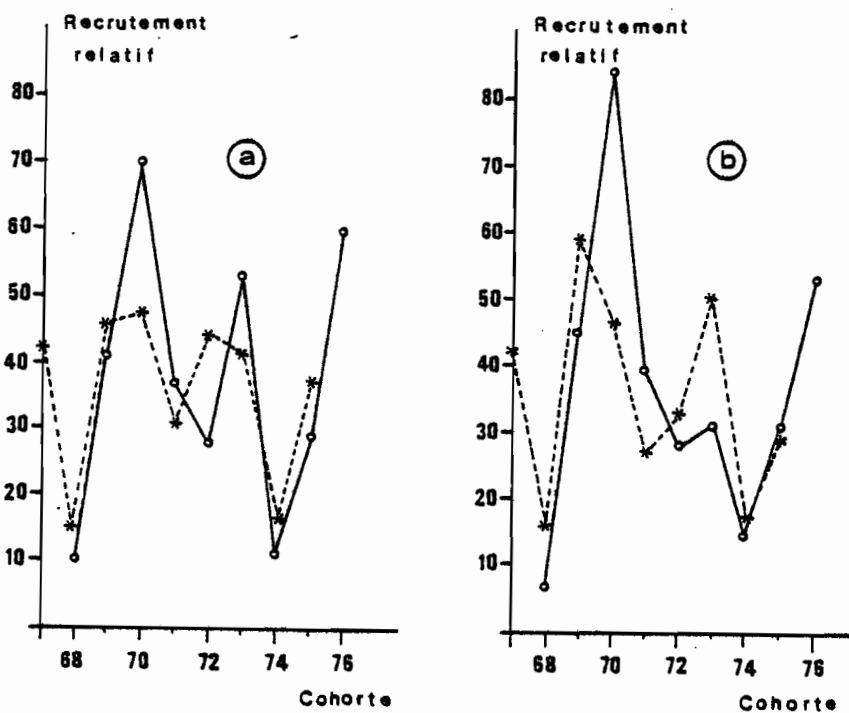


Fig. 71.- Variations du recrutement estimées d'après les c.p.u.e. par engin et secteur, (a) à partir des temps de mer bruts par strate, (b) à partir d'efforts théoriques par strate.

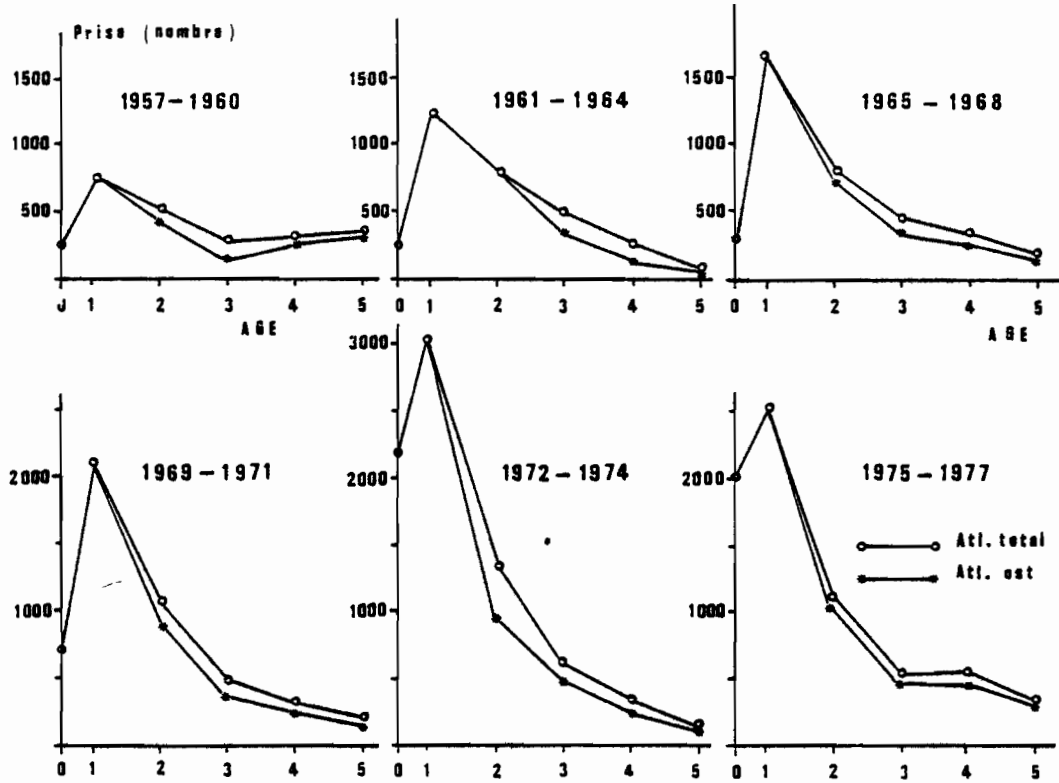


Fig. 66.- Vecteurs de prises moyennes par âge de 1957 à 1977 (Atlantique est et total) par périodes de 4 ans de 1957 à 1968 et par périodes de 3 ans de 1969 à 1977).

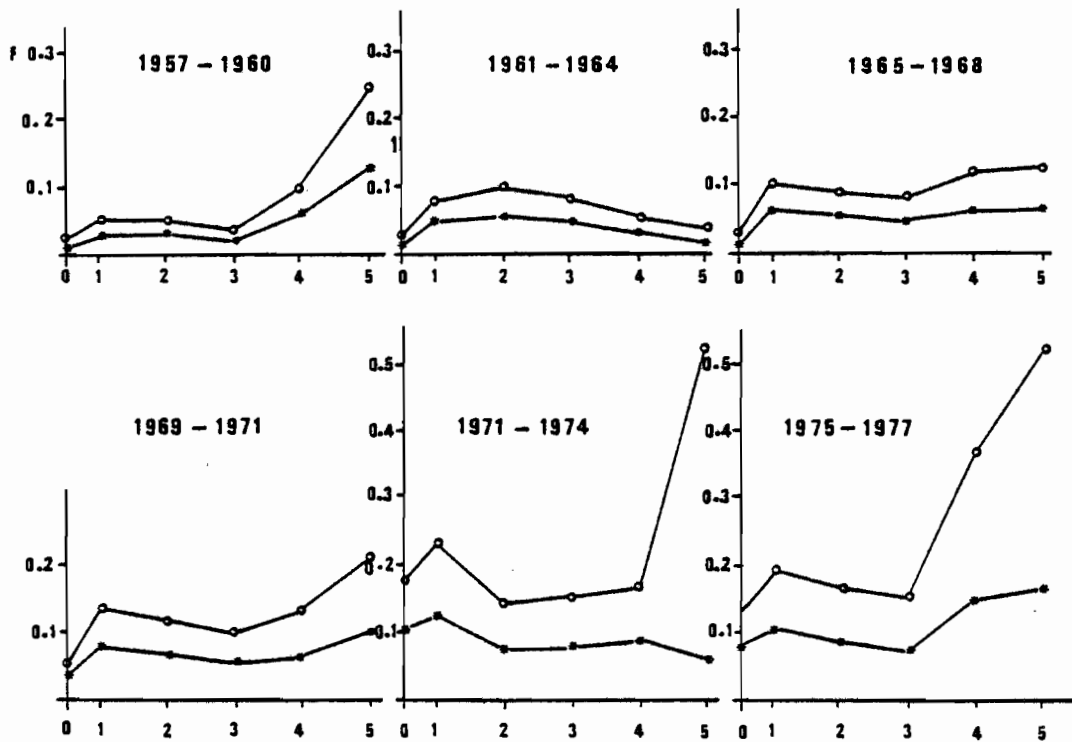


Fig. 67.- Taux moyens annuels de mortalité par pêche durant les 6 périodes jugées homogènes dans l'hypothèse d'un recrutement constant égal à 30 millions (F max.) et à 50 millions (F min.) (Atl. est).

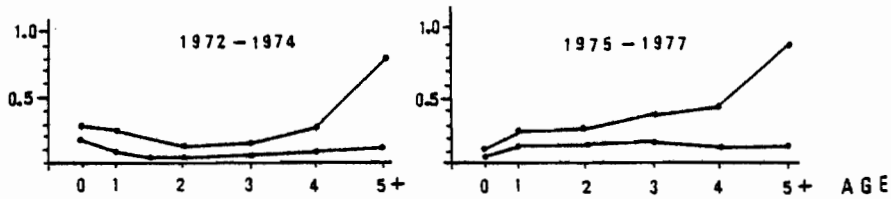


Fig. 68.- Taux moyens annuels de mortalité par pêche durant les périodes 1972-1974 et 1975-1977 dans l'hypothèse d'un recrutement variable (Hypothèse F max. = fort taux d'exploitation, hypothèse F min. = taux d'exploitation modéré). (Atl. est).

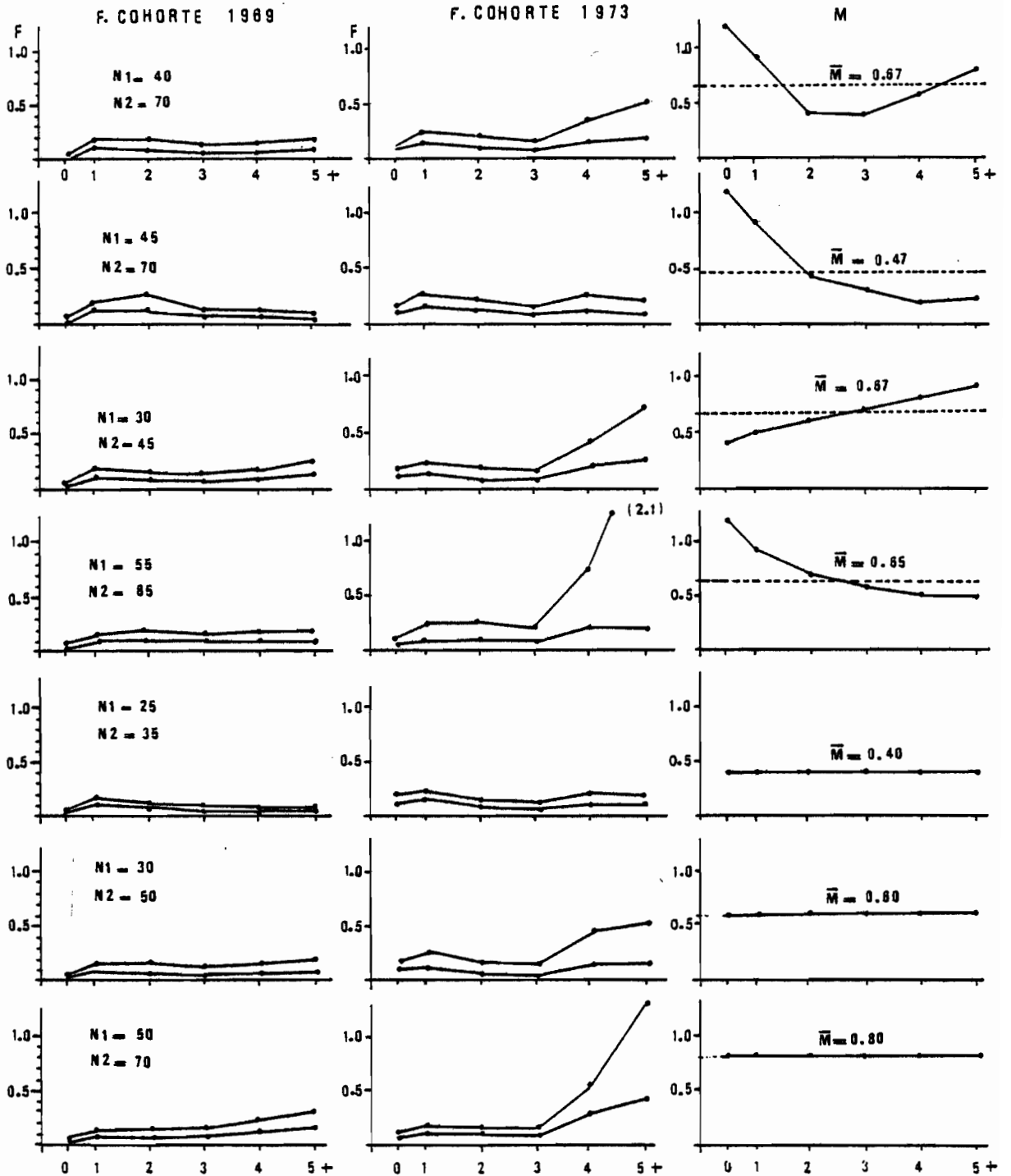


Fig. 69.- Taux annuels de mortalité par pêche pour les cohortes 1969 et 1973 pour divers vecteurs de mortalité naturelle par âge (Atl. est).

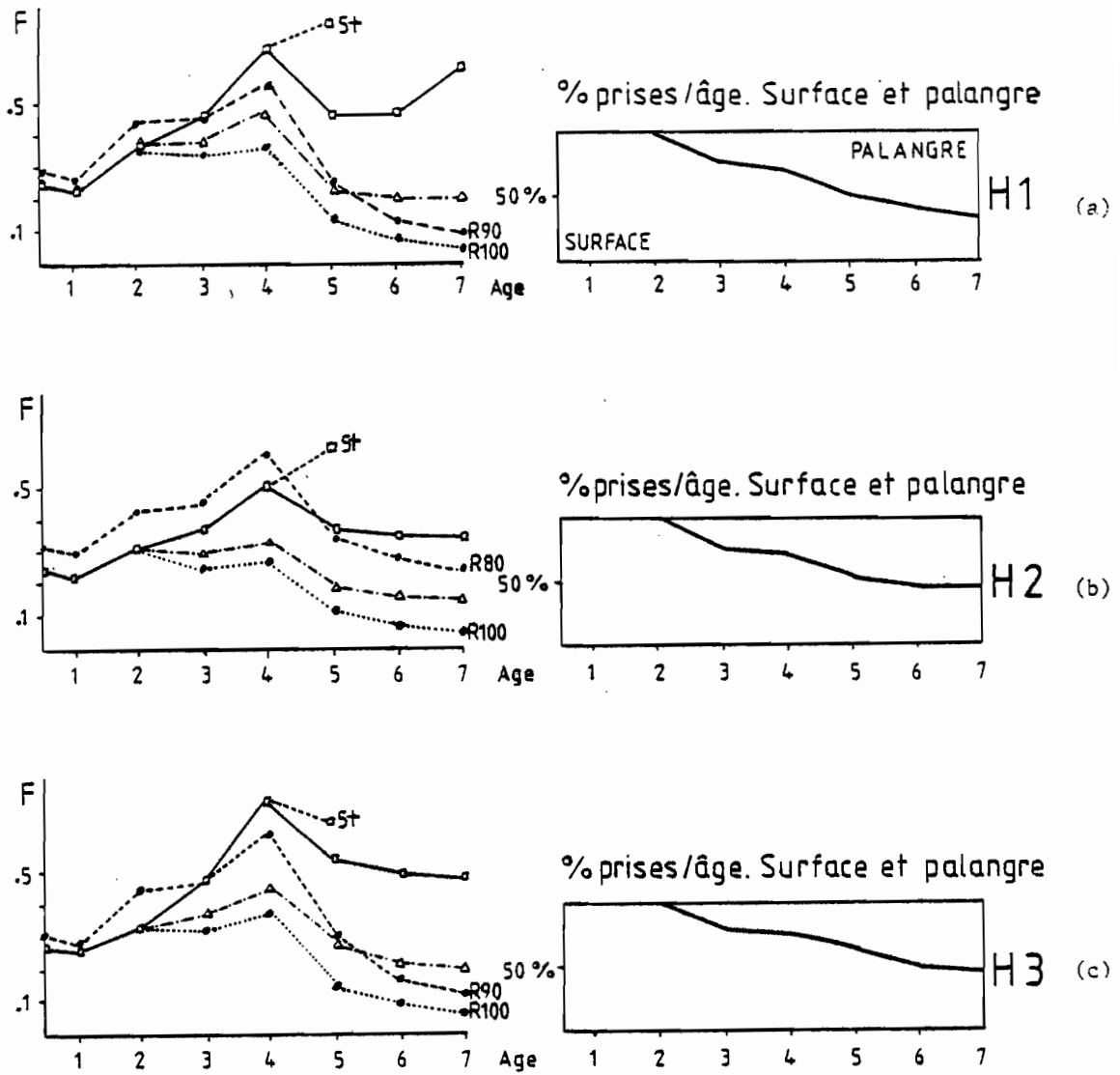


Fig. 70.- Comparaison de taux de mortalité par pêche "réels" (obtenus par simulation) de la pêcherie (F des pêcheries de surface Δ ----- Δ , F pêcherie totale \square ----- \square) et de taux de mortalité par pêche calculés par analyse des cohortes dans 3 hypothèses de structure des stocks (H₁ à H₃, voir tableau 49) :

- F calculés dans l'hypothèse d'un stock unique : \square ----- \square
- F calculés dans l'hypothèse d'un stock unique de surface à partir d'une estimation exacte du recrutement ou d'une estimation du recrutement inférieure au recrutement réel (R₉₀ inférieur de 10%, R₈₀ inférieur de 20%, R₇₀ inférieur de 30%) - - - - -
- F calculé à l'âge 5+ (\square ----- \square) en regroupant toutes les captures d'individus de plus de 5 ans.

La proportion des prises de surface et de profondeur en fonction de l'âge, dans chaque hypothèse est représentée sur les figures à droite.

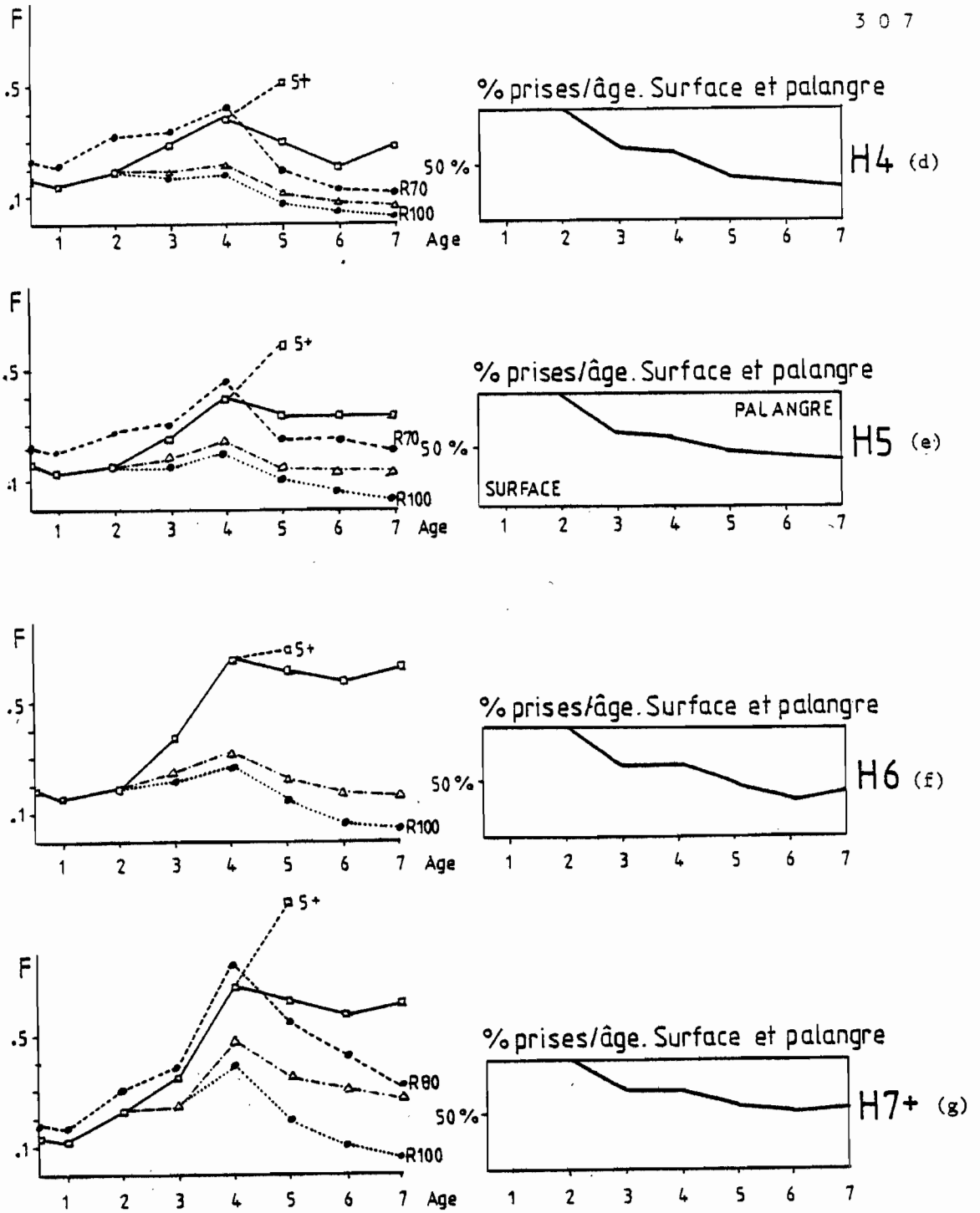


Fig. 70. (d à f).- Comparaison de taux de mortalité par pêche "réels" (obtenus par simulation) et des taux de mortalité par pêche calculés par analyse des cohortes dans les 4 hypothèses H₄ à H₇ (voir tableau 49) (Même légende que les figures 70 a à d).

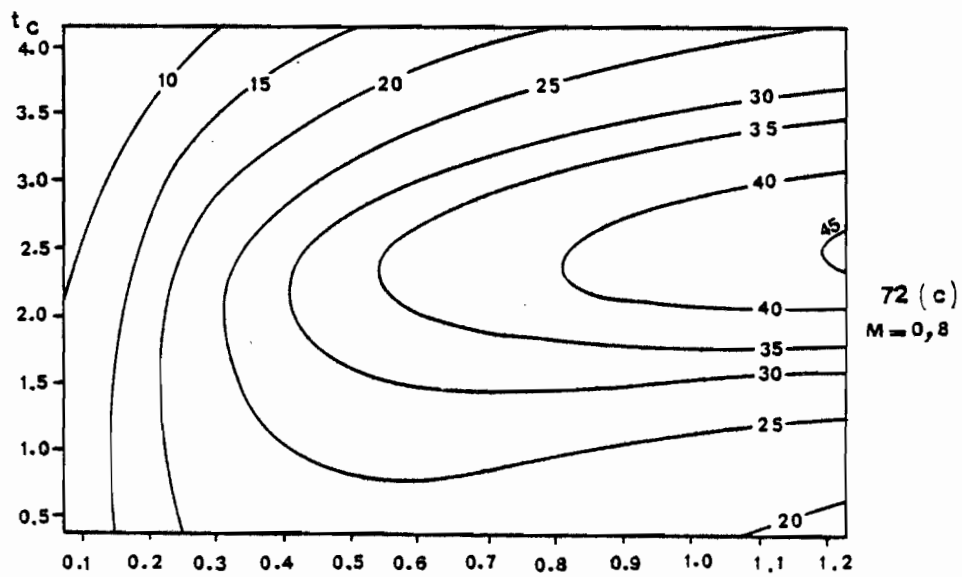
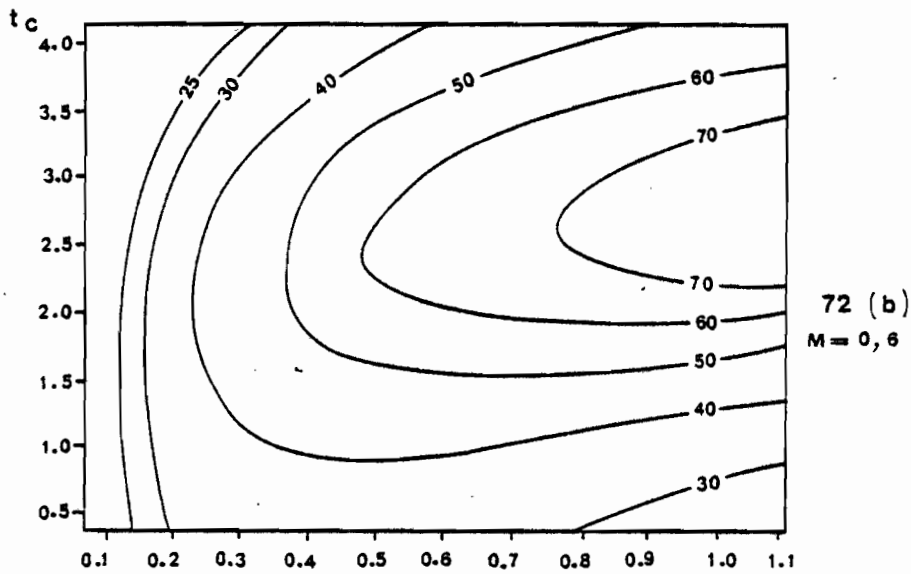
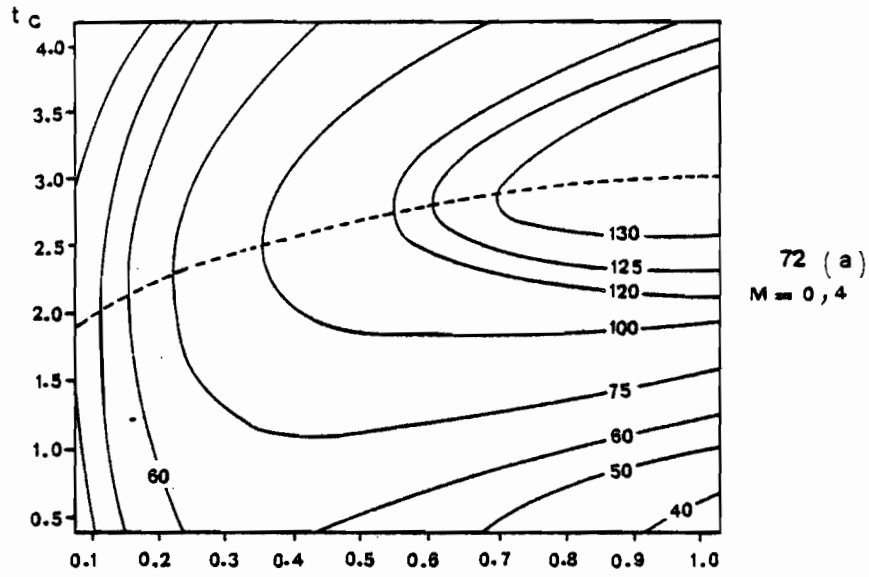


Fig. 72.- Production par recree à F et M constant.
(72a : M = 0,4 ; 72b : M = 0,6 ; 72c : M = 0,8).

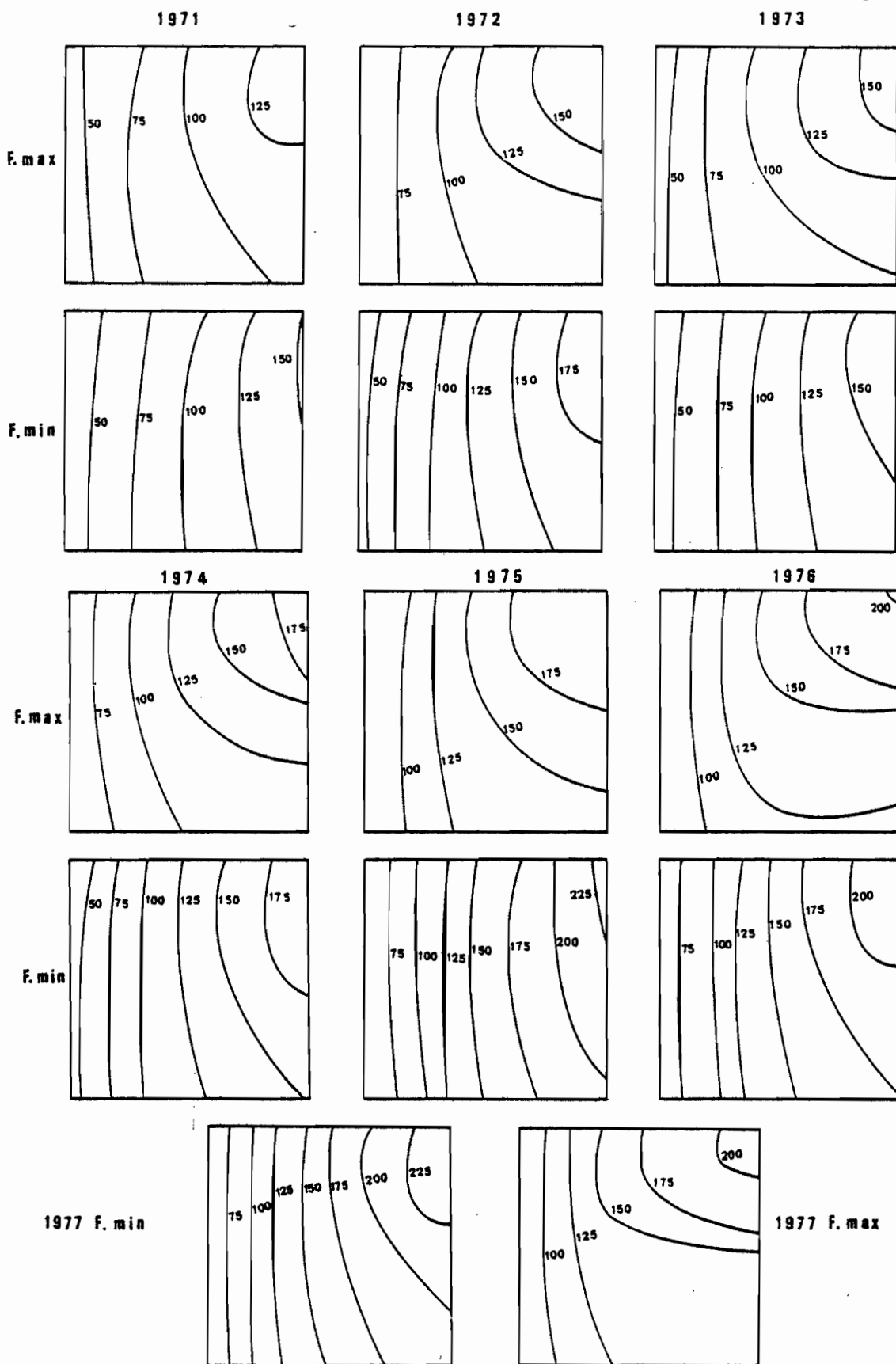


Fig. 73.- Production par recrue dans les hypothèses F min. et F max., pour F variable selon l'âge et M = 0,6 (années 1971 à 1977).

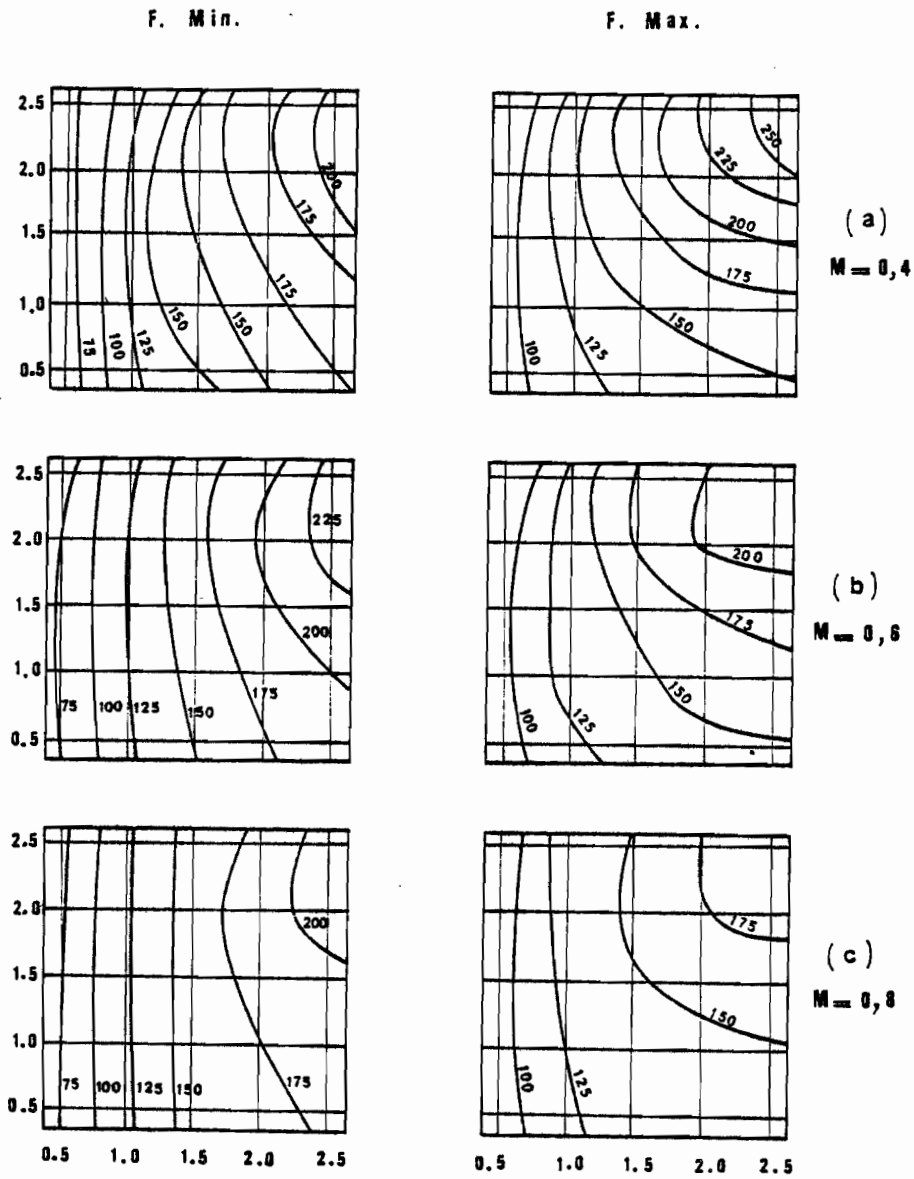


Fig. 74.- (a) à (c) : Production par recrue de la classe 1973 pour divers vecteurs de M par âge dans les hypothèses F. min. et F max. :
 (a) : M = 0,4 ; (b) : M = 0,6 (c) : M = 0,8

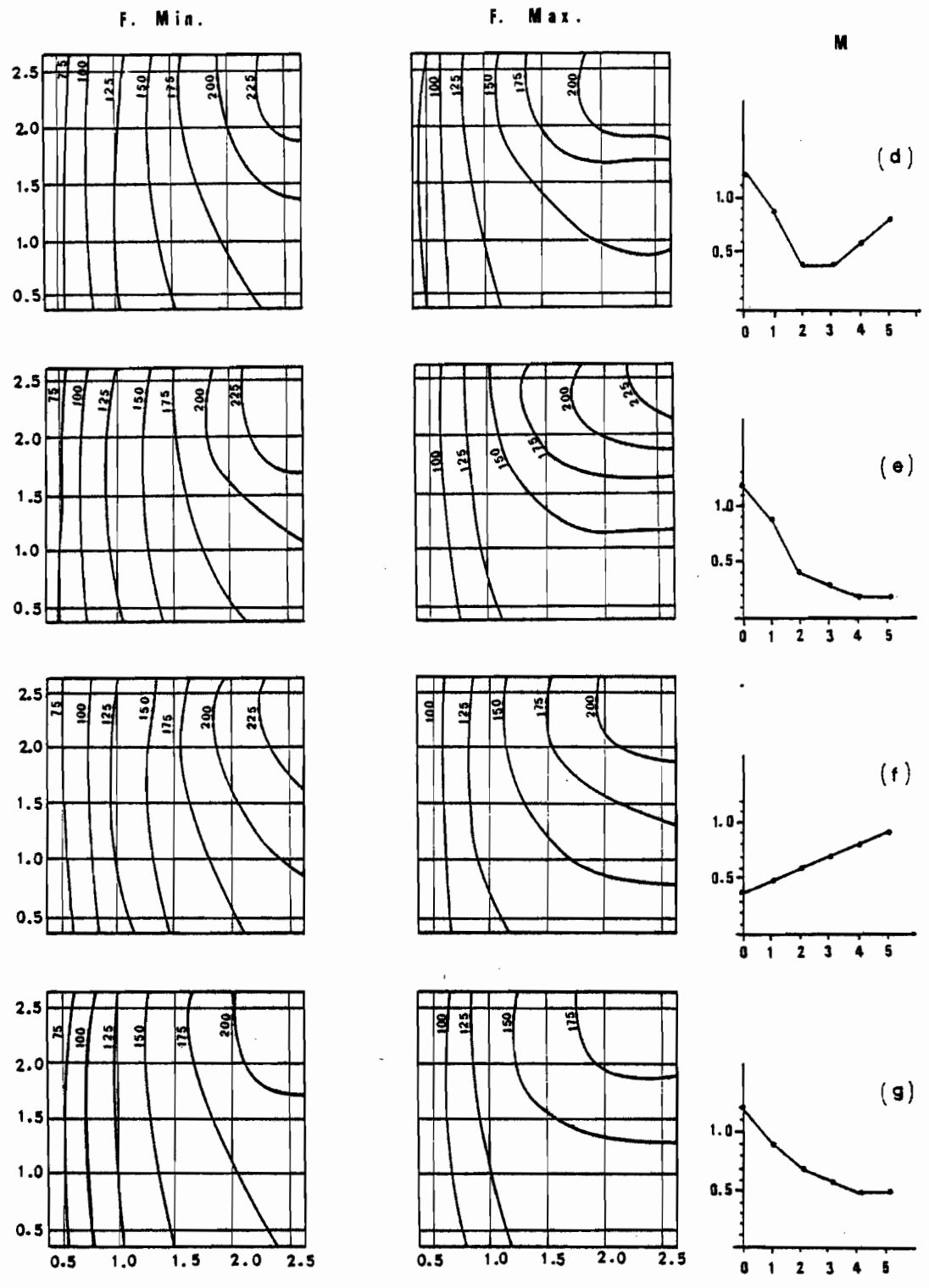


Fig. 74. (d) à (g).- Production par recrue de la classe 1973 pour divers vecteurs de M par âge dans les hypothèses F min. et F max.

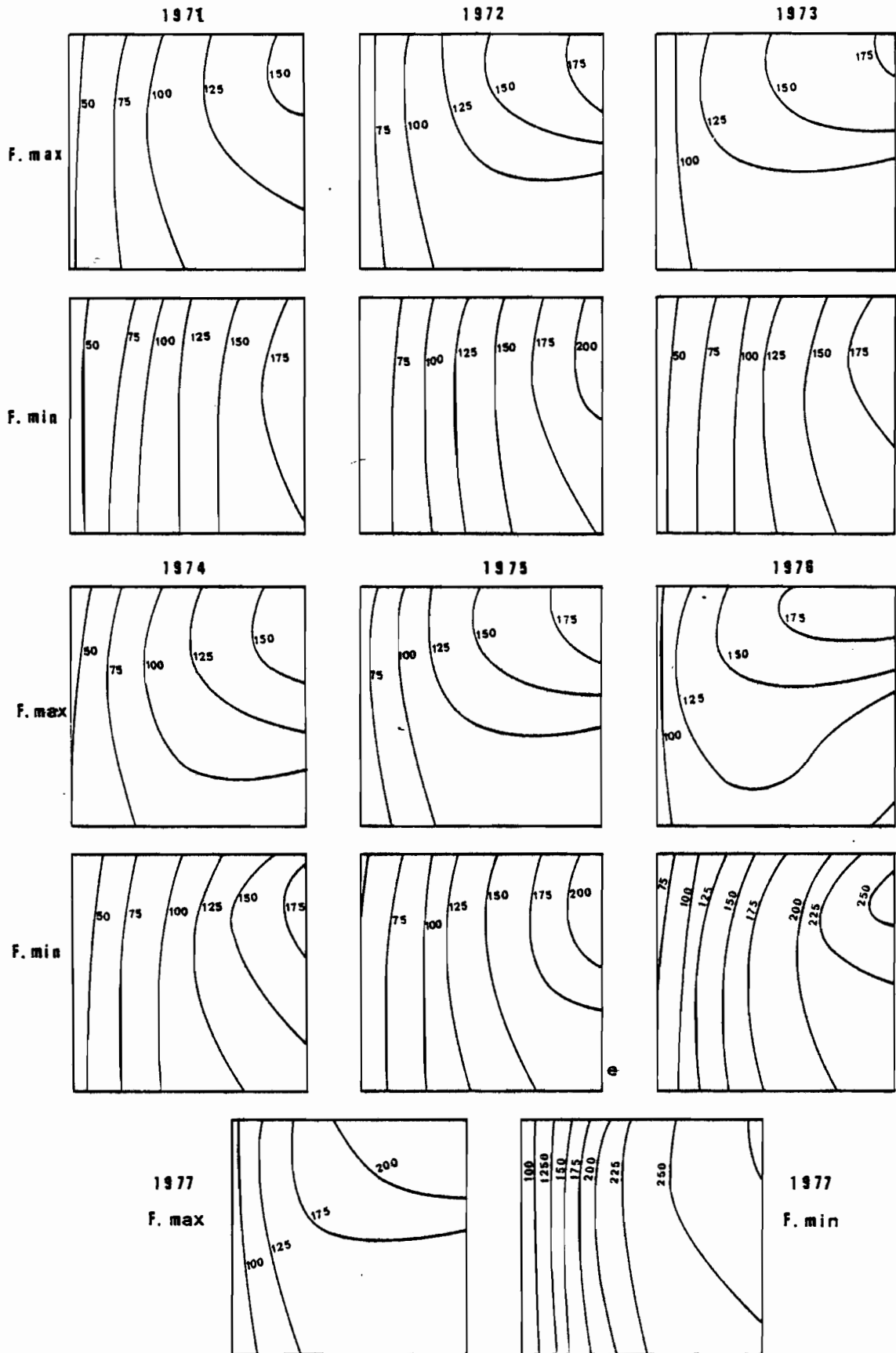


Fig. 75.- Production par recrue dans l'hypothèse d'un recrutement variable estimé d'après la variation de la p.u.e. des âges 1 et 2 ; années 1971 à 1977.

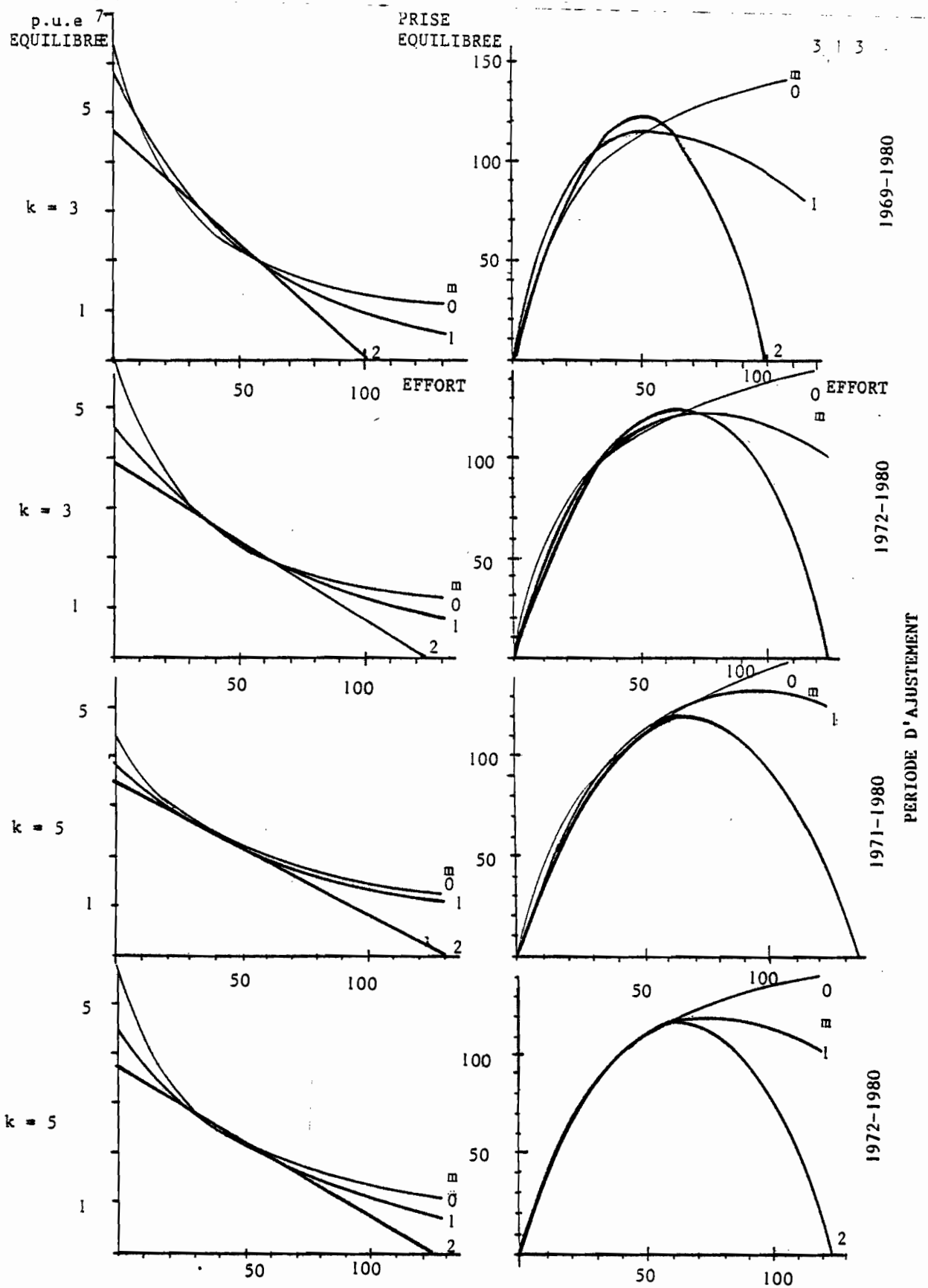


Fig. 77.- Ajustement du modèle global (programme PROFIT, Fox) aux données observées de la figure 76. Equilibre de p.u.e. et d'efforts, figures de gauche ; équilibre de prise et d'effort, figures de droite. Les ajustements sont obtenus pour les paramètres $k = 3$ et $k = 5$ pour $m = 0, 1$ et 2 , selon diverses périodes d'ajustement.

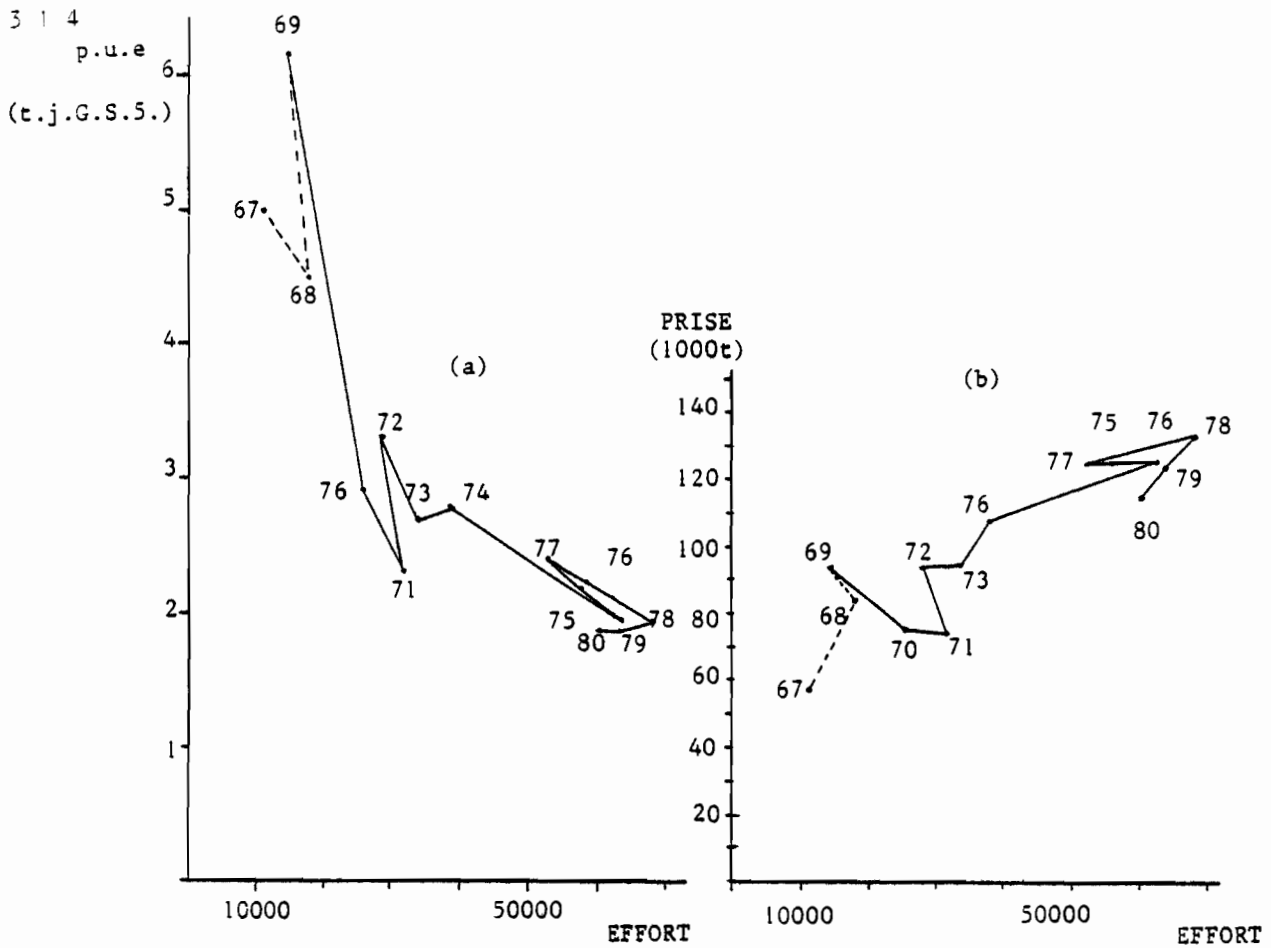


Fig. 76.- Prises par unité d'effort et efforts de pêche standardisés de la pêcherie d'albacore de l'Atlantique total (la p.u.e. est calculée pour les senneurs FISM dans la zone côtière traditionnelle).

Prises et efforts de pêche standardisés de la pêcherie d'albacore (b).

PRODUCTION

PECHERIE 200+
(MILLIERS
de tonnes)

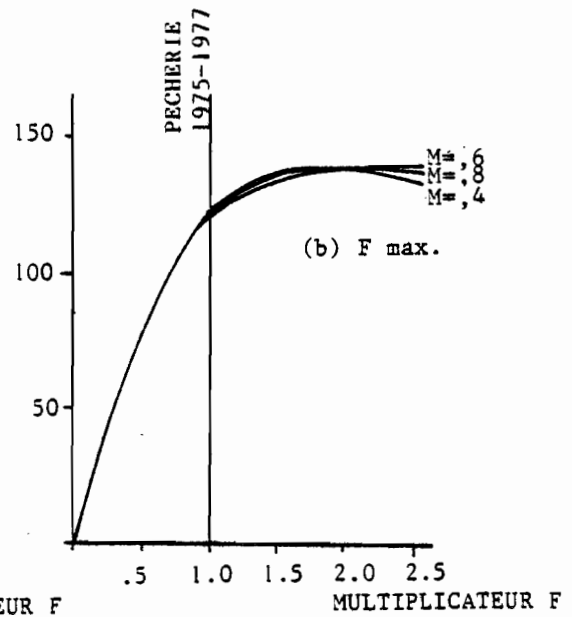
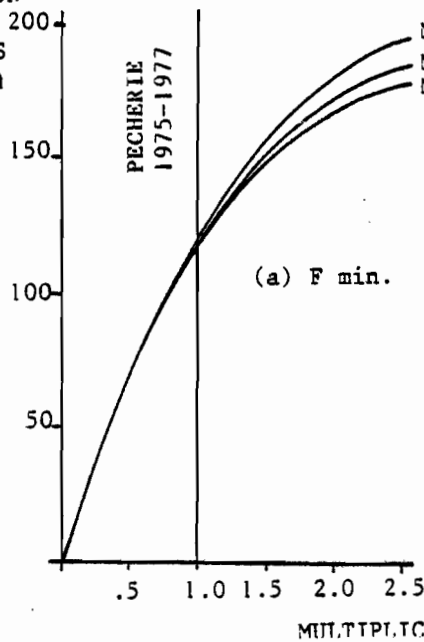


Fig. 78.- Production de la pêcherie pour des facteurs multiplicatifs de F entre 0 et 2.5, dans l'hypothèse d'un taux d'exploitation modéré, F min. (a) ou d'un taux d'exploitation élevé, F max. (b) durant la période récente 1975-1977 (qui correspond approximativement au facteur multiplicatif = 1). La courbe de production est donnée pour trois hypothèses relatives à la mortalité naturelle (M constant en fonction de l'âge égal à 0,4 - 0,6 et 0,8).

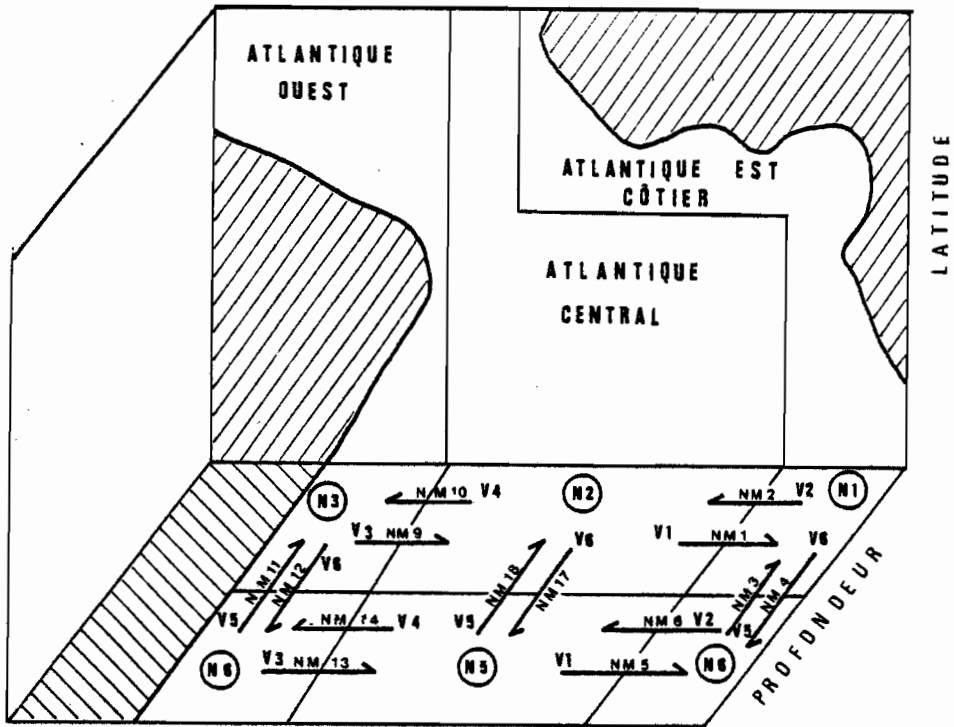


Fig. 79.- Schéma des strates utilisées dans le modèle de simulation de la pêche d'albacores de l'Atlantique (N = populations sous-jacentes ; V = Taux de migration interstrates ; NM = nombre d'individus migrants d'une strate à l'autre).

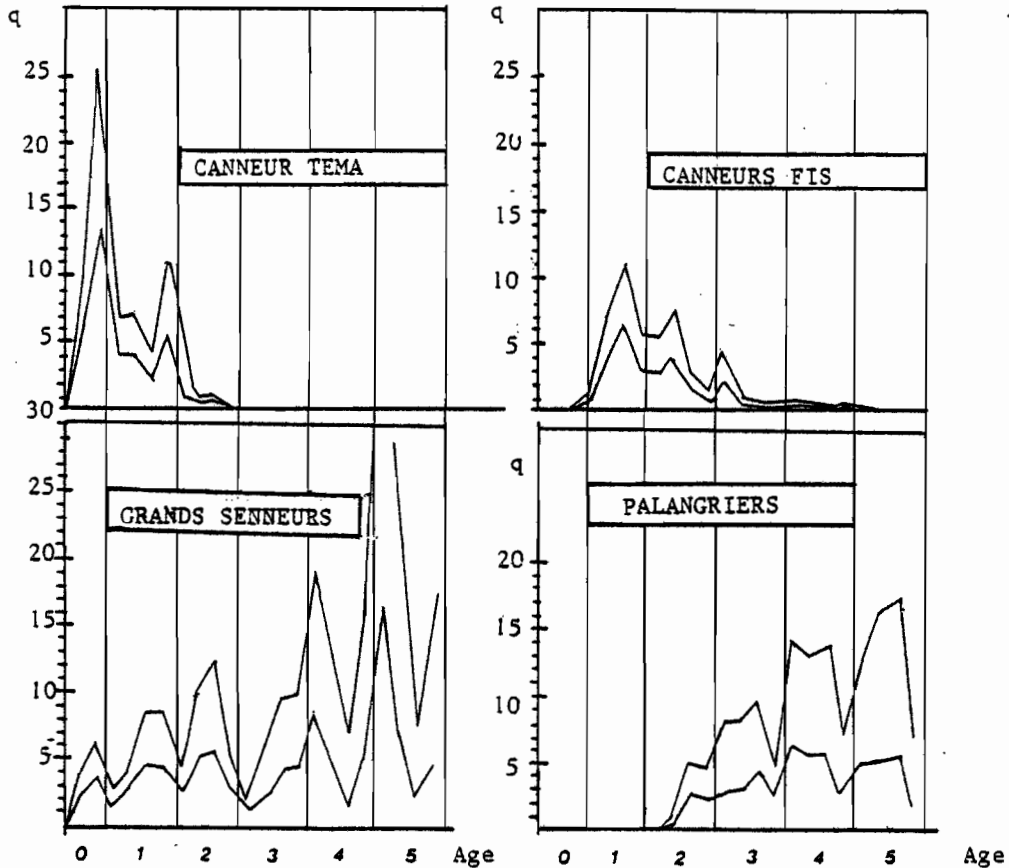


Fig. 80.- Facteurs q par âge des canneurs basés à Téma (a), des canneurs FISM (b), des grands senneurs FISM (c) et des palangriers (d). Pour chaque engin sont représentés les facteurs q correspondants à l'hypothèse F max. (courbes supérieures) et à l'hypothèse F min. (courbes inférieures).

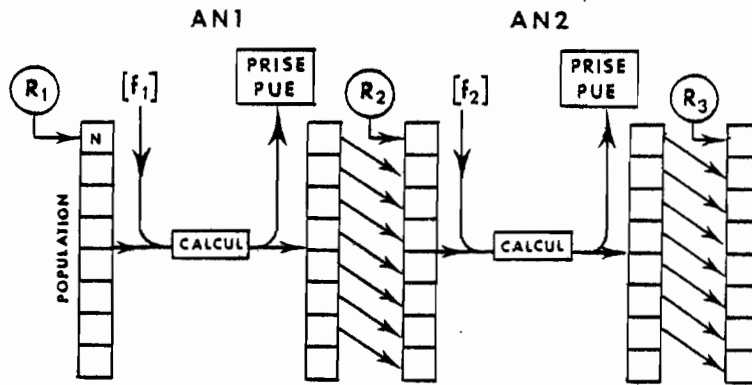


Fig. 81.- Organigramme général de la simulation au sein de chaque strate.

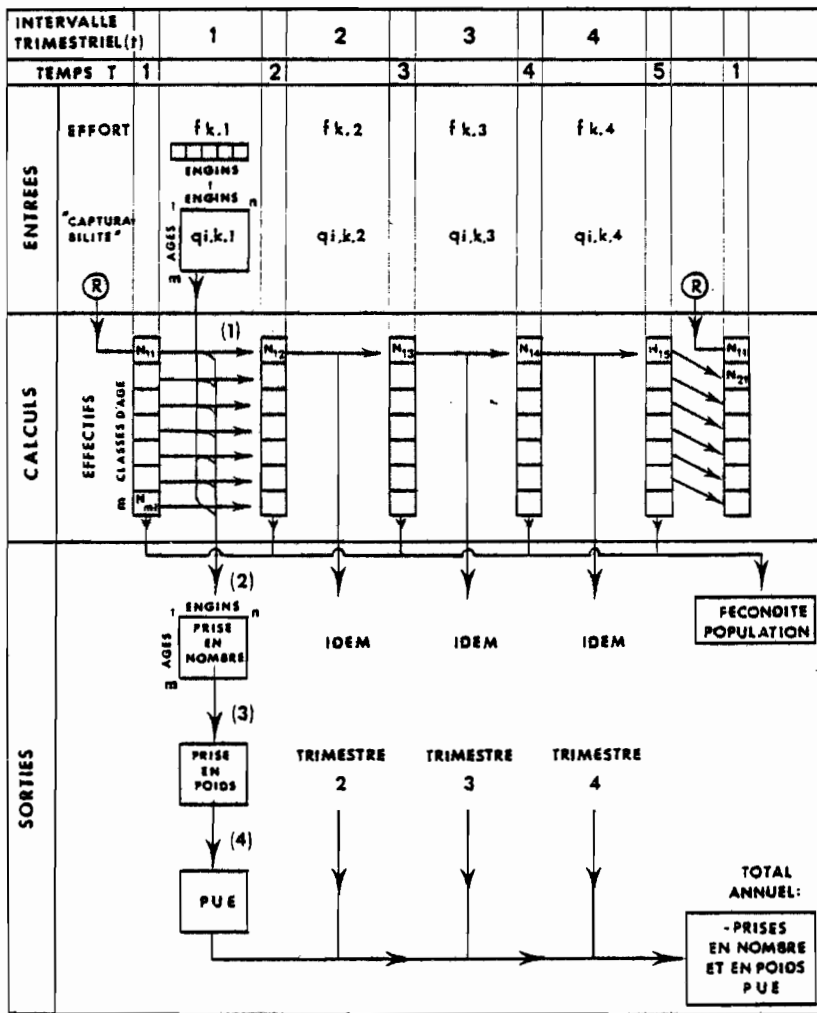


Fig. 82.- Organigramme des calculs réalisés annuellement dans chaque strate.

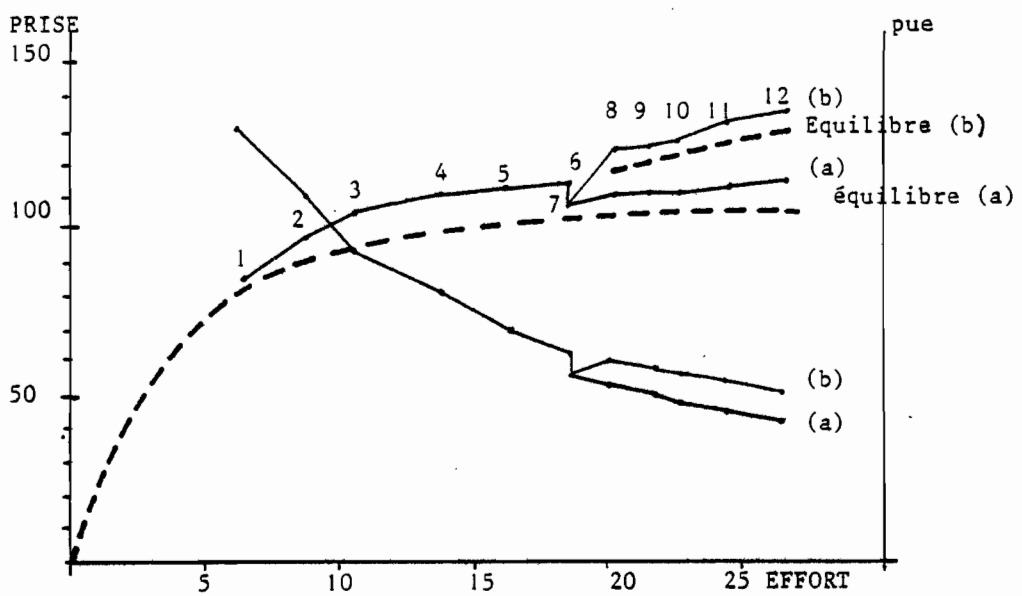


Fig. 83 (a).- Prises et p.u.e. de la pêche simulée décrite au paragraphe 9.6.1. en fonction de l'effort de pêche. La pêche (a) est une pêche de senneurs exploitant le secteur côtier avec un effort croissant. La pêche (b) est une pêche dont l'effort total identique est distribué dans la zone côtière et celle du large. La prise simulée est en traits pleins, la prise d'équilibre correspondante est en tiretés.

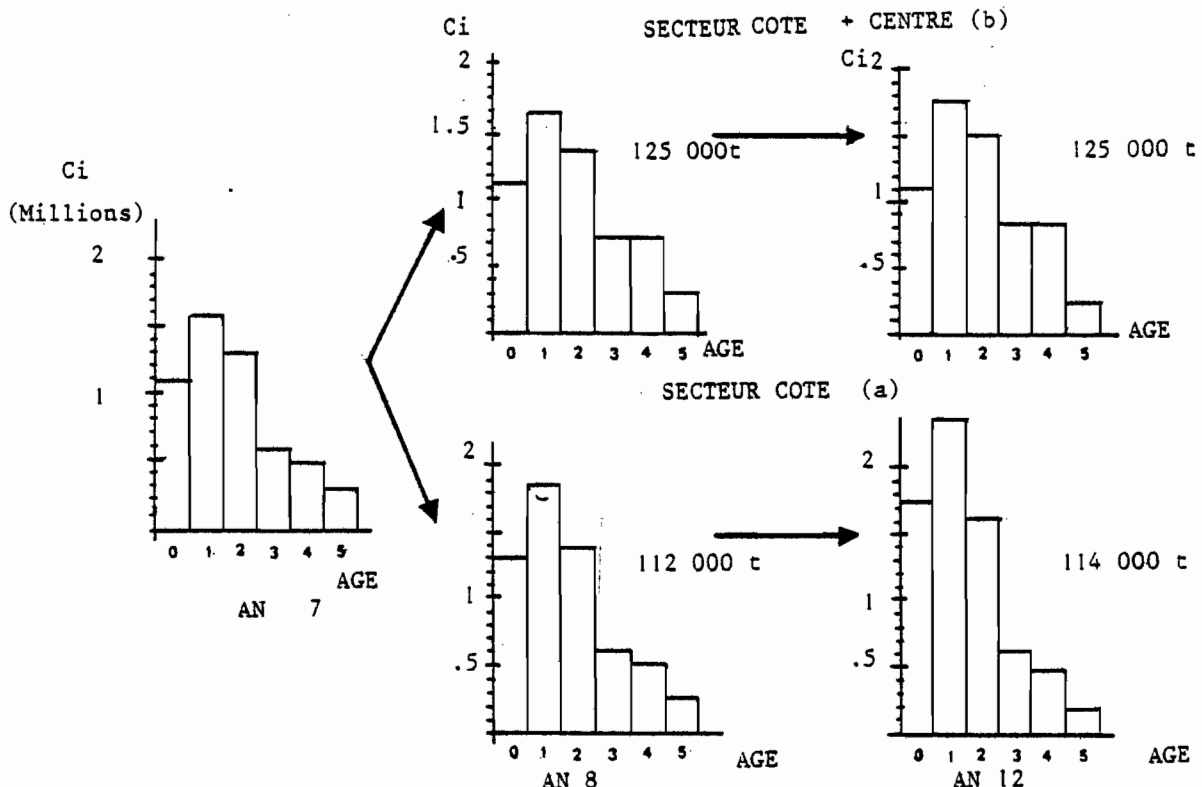


Fig. 83 (b).- Structure démographique de la prise aux années 7,8 et 12 pour la pêche (b) exploitant deux zones et pour la pêche (a) exploitant la zone côtière.

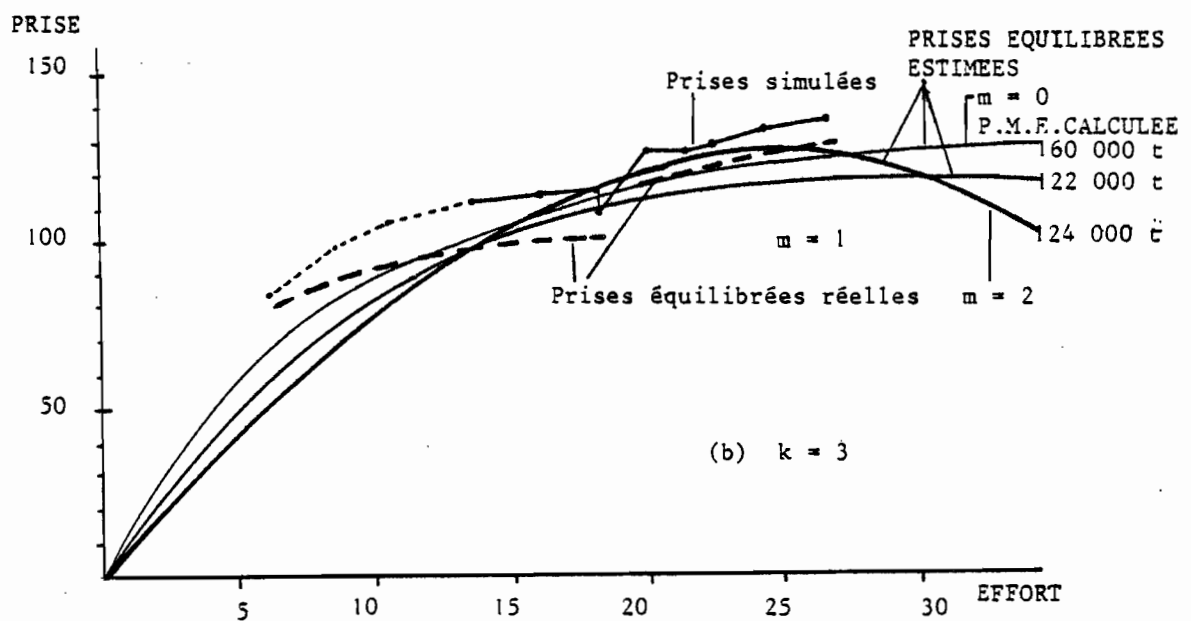
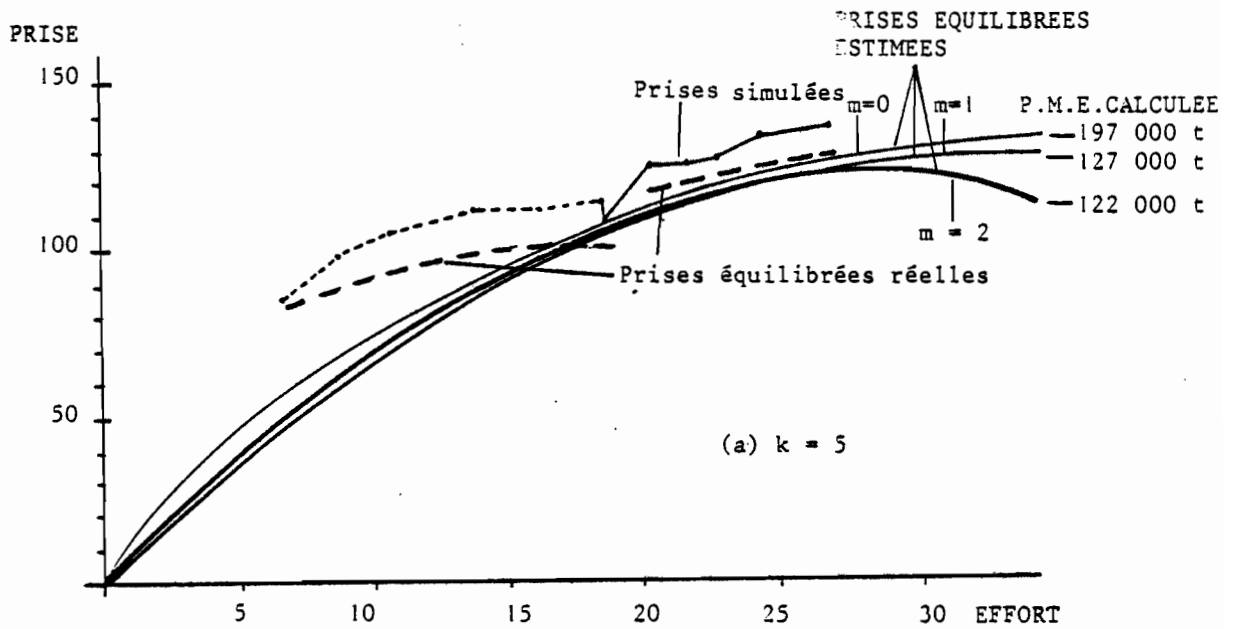


Fig. 84.- Ajustement du modèle global aux données simulées de la pêche (b) du paragraphe 9.6.1. (pêche de grands senneurs accroissant leur effort de pêche dans la zone du large). Fig. (a) : ajustement avec $k = 5$ (b) : ajustement avec $k = 3$ (La courbe d'équilibre réelle de la pêche est rappelée en tiretés).

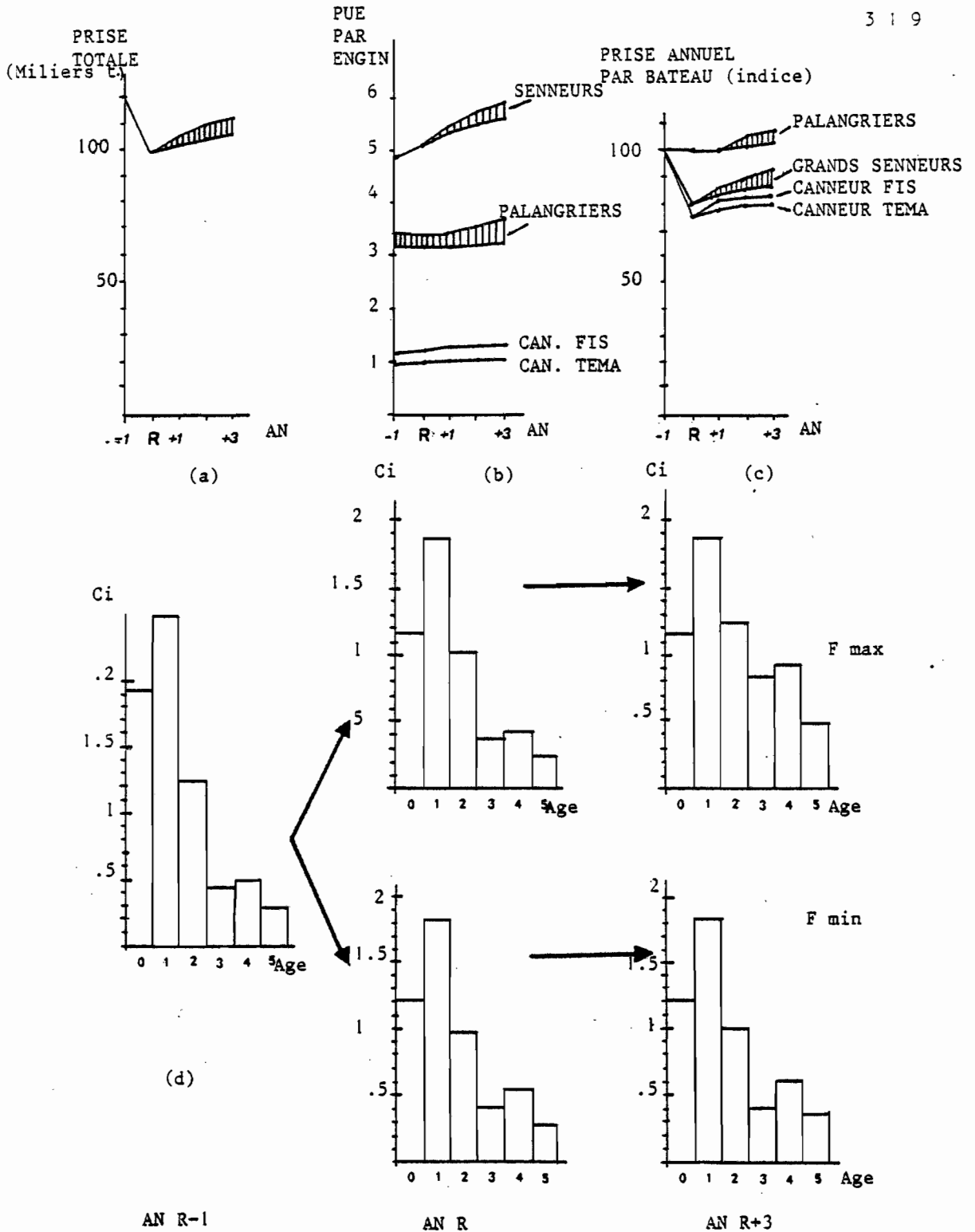
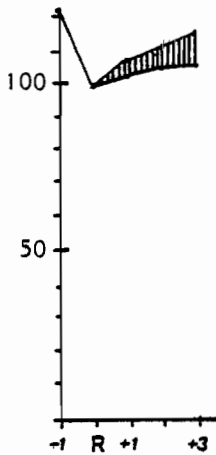


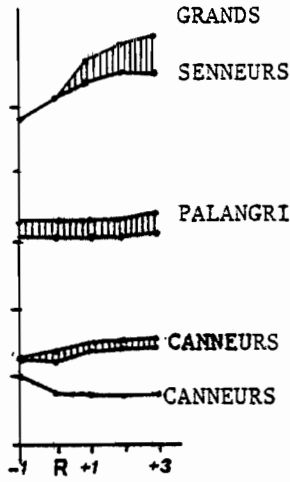
Fig. 85.- Evolution de divers paramètres de la pêcherie simulée à 4 engins selon un scénario d'aménagement interdisant la pêche à tous les engins de surface durant le troisième trimestre à partir de l'année R et avec un effort constant pendant 4 ans. Les projections sont obtenues dans l'hypothèse F max. d'un stock pleinement exploité et dans l'hypothèse F min. d'un stock modérément exploité durant la période récente.
 (a) projection de la prise totale (b) projections de la pue par engin (c) projection de la prise annuelle par unité de pêche à partir d'un indice 100 l'année R-1 (d) projection de l'évolution de la structure démographique de la prise.

PRISE
TOTALE
TOUS
ENGINES



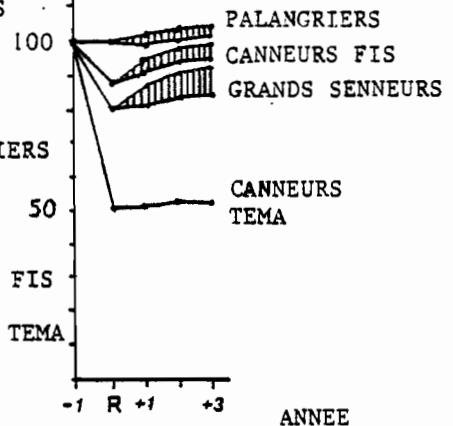
(a)

PRISE
PAR
UNITE
D'EFFORT

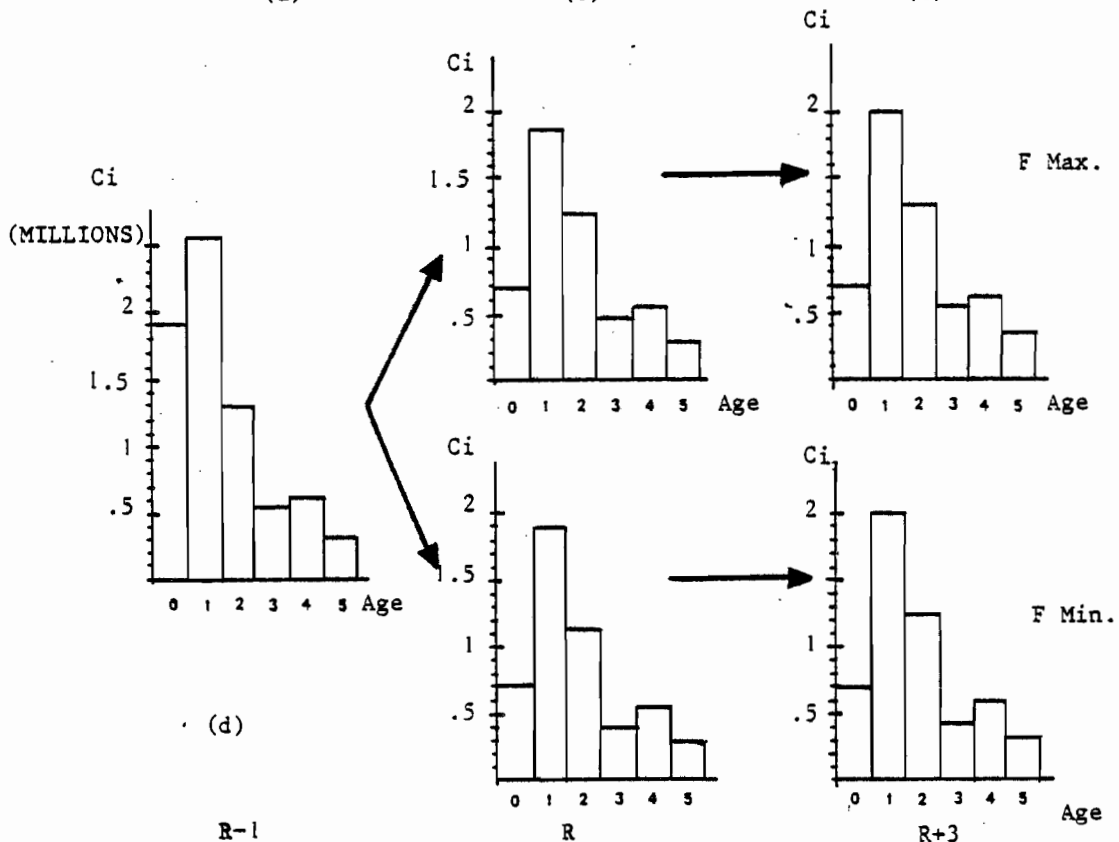


(b)

PRISE ANNUELLE
PAR BATEAU



(c)



(d)

Fig. 86.- Evolution de divers paramètres de la pêche simulée à 4 engins selon un scénario d'aménagement interdisant la pêche à tous les engins de surface durant le quatrième trimestre à partir de l'année R et avec un effort constant pendant 4 ans. Les projections sont obtenues dans l'hypothèse F max. d'un stock pleinement exploité et dans l'hypothèse F min. d'un stock modérément exploité durant la période récente.

(a) projection de la prise totale (b) projection de la pue par engin (c) projection de la prise annuelle par unité de pêche à partir d'un indice 100 l'année R-1 (d) projection de l'évolution de la structure démographique de la prise.

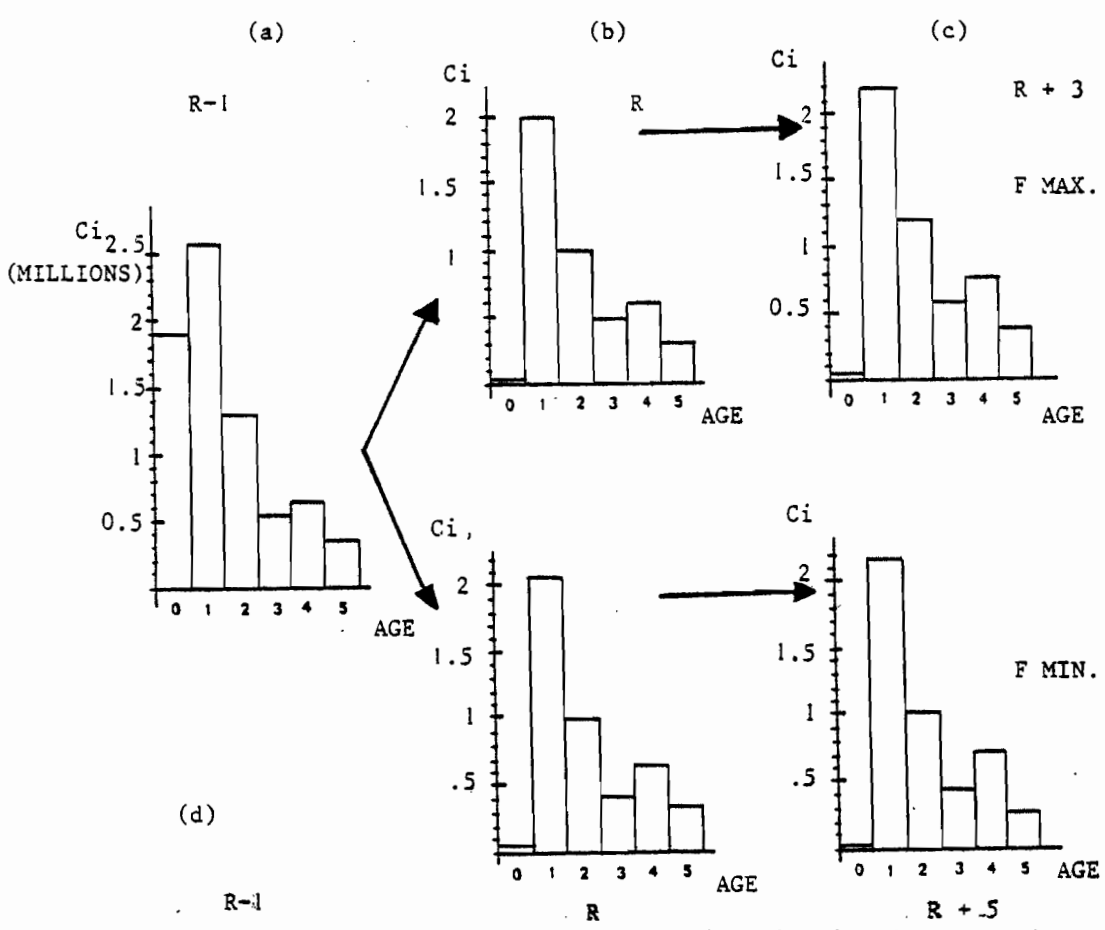
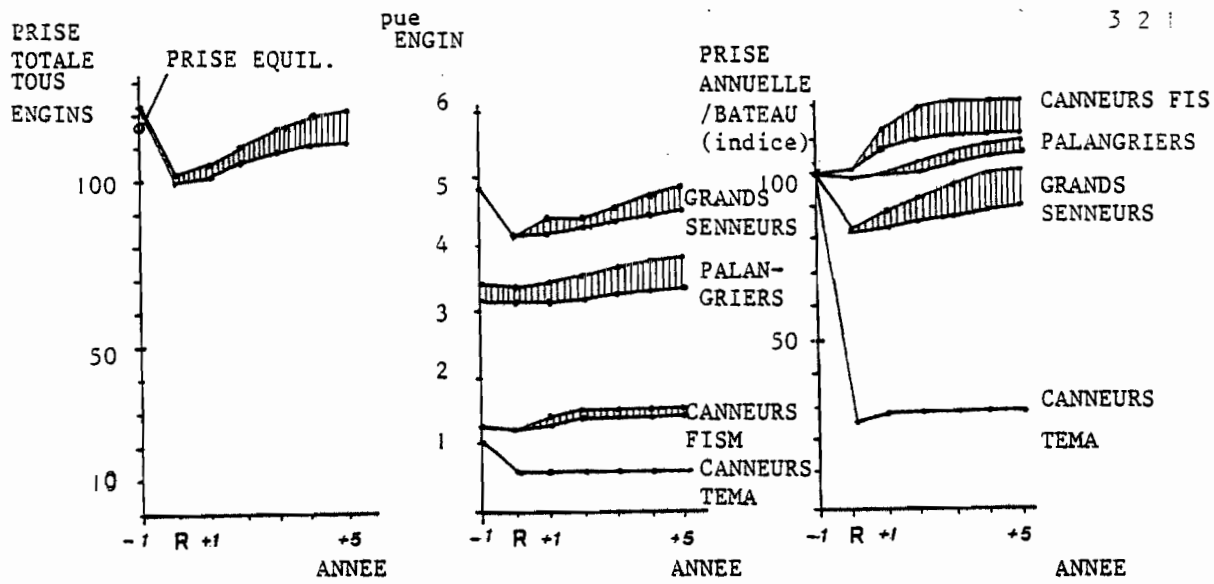


Fig. 87.- Evolution de divers paramètres de la pêcherie simulée à 4 engins selon un scénario d'aménagement interdisant la pêche aux grands senneurs et aux canneurs de Téma durant les 3 et 4ème trimestres dans le secteur côtier. Durant cette saison, par hypothèse, les canneurs arrêtent la pêche de l'albacore alors que les grands senneurs exploitent le secteur central. Les projections sont obtenues dans l'hypothèse F max. d'un stock pleinement exploité et dans l'hypothèse F min. d'un stock modérément exploité durant la période récente pendant une période de 6 ans à partir de l'année R.

(a) projection de la prise totale (b) projections de la pue par engin (c) projection de la prise annuelle par unité de pêche à partir d'un indice 100 l'année R-1 (d) projections de l'évolution de la structure démographique de la prise. (F max. trait supérieur, F min. trait inférieur).

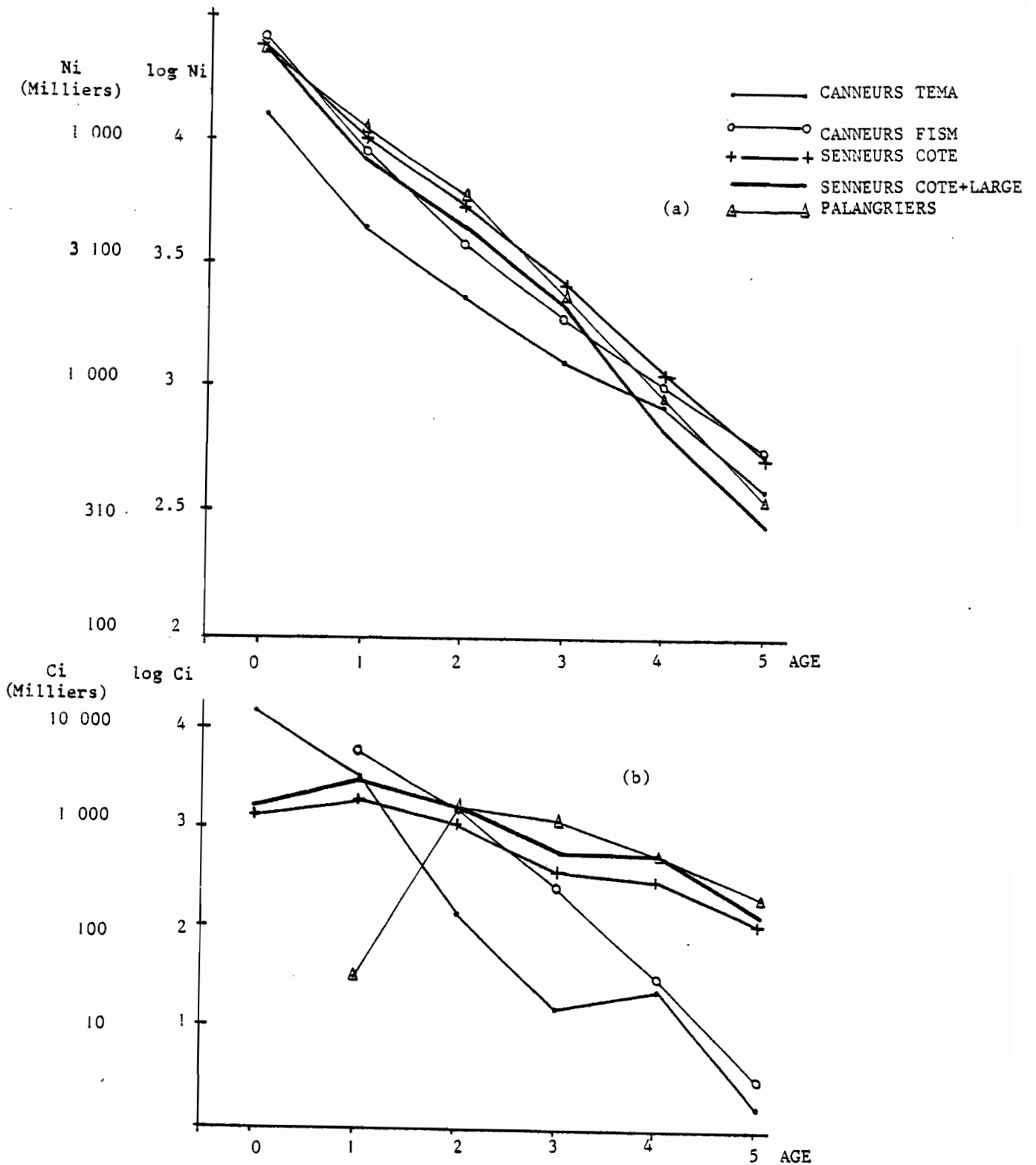


Fig. 89.- Structure démographique de la population sous-jacente (a) et de la prise (b) de pêcheries exploitant isolément la population d'albacore. La situation décrite correspond à un niveau d'effort inférieur à l'effort produisant la production maximale, niveau figuré par un astérisque sur la figure 88.

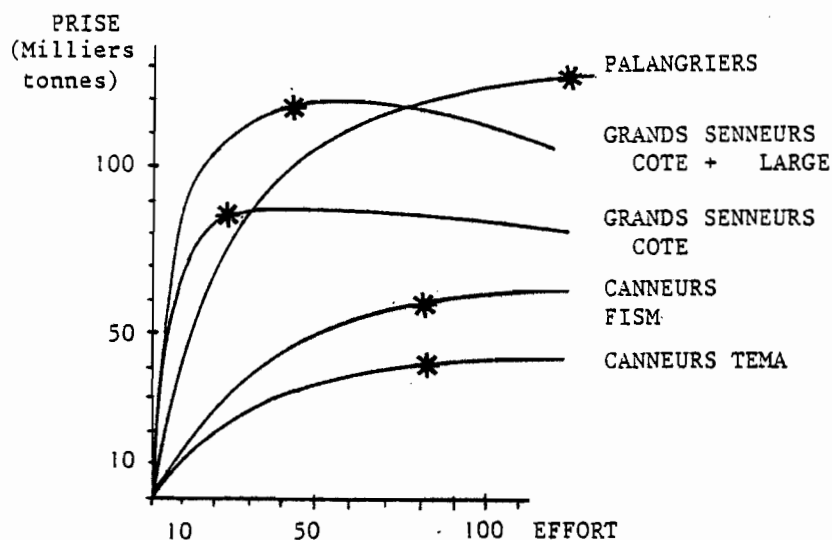


Fig. 88.- Prise équilibrée simulée à recrutement constant, hypothèse F max., pour les divers engins pêchant isolément. L'astéristique sur chaque courbe correspond à la pêcherie dont la structure démographique du stock et celle de la prise sont représentées figure 89.

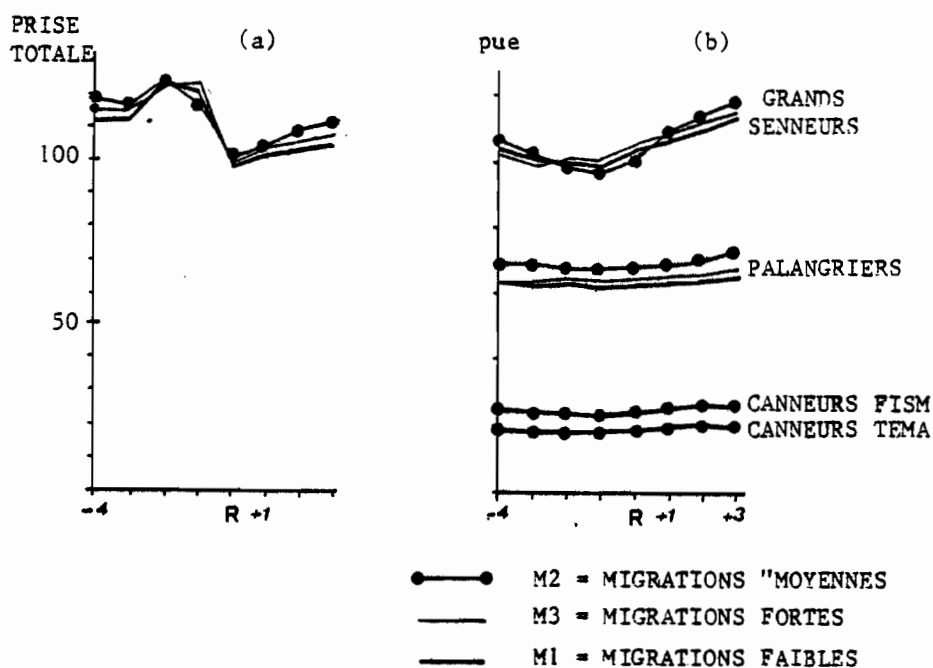


Fig. 90.- Projection de la prise totale (a) et de la pue par engin (b) pour un scénario identique à celui de la figure 85, § 9.6.3., selon 3 taux de migration interzones : M2, taux utilisés précédemment, M1. taux inférieurs de moitié à M2 ; M3 taux doubles de M2. (Les pue des canneurs FISM et des canneurs de TEMA sont identiques donc confondues pour M1, M2 et M3).

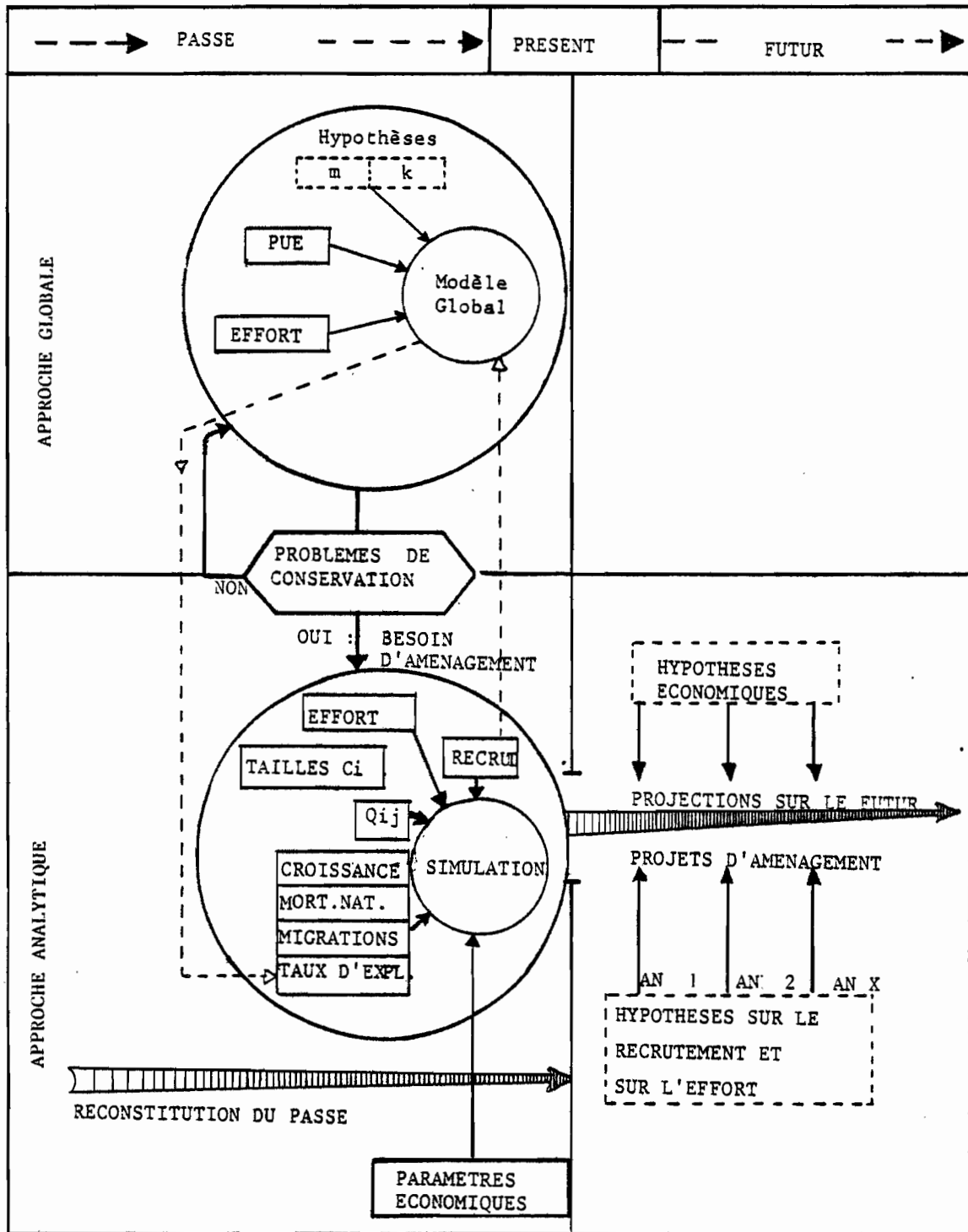


Fig. 91.- Organigramme du concept de modélisation et d'aménagement de la pêcherie d'albacore : on notera que la bande verticale sur le graphique correspond au temps où s'effectue le diagnostic sur l'état du stock, le passé étant figuré à gauche, l'avenir à droite.