

STATISTIQUES ET INDICES DES PÊCHERIES THONIÈRES TROPICALES À LA SENNE

Éditeur scientifique
Renaud PIANET



Compte rendu de la réunion
du groupe de travail ORSTOM
Paris, du 2 au 5 juillet 1991

40 F

Compte rendu de la réunion
du groupe de travail ORSTOM
Paris, du 2 au 5 juillet 1991

**STATISTIQUES
ET INDICES DES PÊCHERIES
THONIÈRES TROPICALES
À LA SENNE**

Éditeur scientifique
Renaud PIANET

ORSTOM Éditions

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

Collection **COLLOQUES et SÉMINAIRES**

PARIS 1995

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les «copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective» et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, «toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite» (alinéa 1^{er} de l'article 40).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

**Statistiques et Indices des Pêcheries Thonières Tropicales à la
Senne - Compte rendu de la Réunion du Groupe de Travail
ORSTOM, Paris, 2-5 Juillet 1991**

RESUME

Depuis plus de vingt ans, les chercheurs de l'ORSTOM ont mis au point et développé des procédures complexes de recueil et de traitement des statistiques thonières tropicales dans les océans Atlantique puis Indien. Les méthodes d'échantillonnage et d'évaluation des paramètres biologiques étant le plus souvent basés sur des choix empiriques, et les systèmes ayant tendance à évoluer de manière de plus en plus indépendante entre les deux océans, la comparaison des méthodes employées et la réévaluation de leur validité était apparue nécessaire et avait fait l'objet de recommandations de la part du Comité Scientifique de l'Association Thonière (Commission de l'océan Indien) comme du Comité Permanent pour la Recherche et les Statistiques de la Commission pour la Conservation des Thonidés de l'Atlantique.

En conséquence, l'ORSTOM a organisé du 2 au 5 juillet 1991 au siège de l'institut à Paris un Groupe de Travail "Statistiques et Indices des Pêcheries Thonières Tropicales à la Senne" (GTS) regroupant 28 chercheurs et techniciens directement concernés, afin de comparer les différentes approches utilisées et de définir une stratégie commune et optimale de travail. Dix sept documents (Annexe III) ont servi de base aux discussions du GTS, enrichies d'analyses supplémentaires réalisées sur place (les bases de données françaises et espagnoles dans les océans Atlantique et Indien jusqu'en 1990 étant disponibles) dans le but de tester les méthodes ou hypothèses de travail. Les débats, qui furent à l'origine de quinze recommandations d'importance et de portée diverses (Annexe VI) avaient été regroupés autour de trois grands thèmes :

Le premier (**Recueil des statistiques**) portait sur tous les problèmes liés à la collecte, la saisie et la vérification des données brutes : débarquements, fiches de pêche, sondages spécifiques et mensurations; dix documents concernaient ce sujet, qui a fait l'objet de cinq recommandations.

Le second (**Elaboration des données de base**) traitait du passage des données brutes aux fichiers de travail élaborés : corrections des captures (tonnages et compositions spécifiques),

stratégie d'échantillonnage (méthodologie et taille des échantillons), définition des strates spatio-temporelles homogènes, extrapolation des prises, efforts et structures démographiques (substitutions de strates); huit documents avaient rapport à ce thème, qui a fait l'objet de six recommandations.

Enfin, le troisième (Calcul des Indices) avait pour but d'évaluer la validité des méthodes permettant d'aboutir aux bases de données indispensables pour les études ultérieures de dynamique des populations : standardisation des efforts de pêche, évolution des puissances de pêche individuelles (navires) et globales (flottes), calcul des indices d'abondance par espèce et des prises par classes de tailles ou d'âges, impact du facteur type de banc (associé ou libre) sur ces estimations; quatre documents traitaient de cet aspect, qui a été à l'origine de quatre recommandations.

Parmi les principales conclusions du GTS, on retiendra que :

- 1- la séparation systématique entre les méthodes de pêche (sur épaves ou bancs libres) est à généraliser à tous les niveaux : sélection des cuves, échantillonnage (tailles, espèce), extrapolation des compositions spécifiques et démographiques
- 2- un certain nombre d'éléments définissant les stratégies d'échantillonnage, les méthodes de substitution de strates (correction spécifique des prises et répartition spatio-temporelle des structures démographiques des captures), ainsi que les méthodes de calcul des puissances de pêche, des efforts standardisés et des indices d'abondance, devraient faire l'objet d'études statistiques plus poussées, ne serait-ce que pour connaître leurs limites de validité et pour définir - si nécessaire - des approches plus réalistes;
- 3- la réalisation de certaines de ces études (comme la comparaison détaillée des méthodes d'échantillonnage et de substitution de strates) est d'autant plus nécessaire que les méthodes employées dans les océans Atlantique-est et Indien-ouest ne sont pas toujours semblables;
- 4- enfin, les modifications et nouveautés technologiques nombreuses et importantes sur les senneurs au cours de ces dernières années, ainsi que le développement des pêches sur épaves, ont des répercussions directes sur l'estimation des indices d'abondance, et par conséquence sur le suivi et l'évaluation des stocks.

Le GTS a donc jugé qu'il était indispensable que des efforts de recherche soient consentis à ce niveau, et c'est ce que propose entre autre ce document.

Statistics and Indices in the tropical purse-seine tuna fisheries
Meeting report from the ORSTOM working group
Paris, 2-5 July 1991

ABSTRACT

Since more than twenty years, ORSTOM's scientists settled and developed elaborate procedures for compiling and processing tropical tunas statistics in the Atlantic and then Indian oceans. However, the sampling design and methods of evaluation of the biological parameters were often based on empirical choices, and the statistical systems tended in recent years to evolve more and more independently between both oceans. Therefore, the comparison between the methods used and the revaluation of their validity had appeared necessary and led to recommendations from the Scientific Committee of the "Association Thonière" (Commission de l'Océan Indien) as well as from the Standing Committee on Research and Statistics of the International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas.

Consequently, ORSTOM organized from 2nd to 5th July 1991 in its head office in Paris a Working Group on "Statistics and Indices in the Purse seine Tropical Tunas Fisheries" (GTS), gathering 28 scientists and technicians directly involved in these researchs, in order to compare the different approaches used and to define a common optimal strategy of work. Discussions were based on seventeen documents (Appendix III), and enriched from further analyses achieved on place (the French and Spanish databases in the Atlantic and Indian oceans being available until 1990) in order to test the working methods or hypotheses. The debates, which originated fifteen recommendations of various importance and scope (Appendix VI) were pooled around three wide topics :

The first (**Compilation of statistics**) tackled with all the problems linked to collecting, holding and checking raw data : landings, logbooks, species and sizes sampling; ten documents were related to this topic, leading up to five recommendations.

The second (**Elaboration of the basic data sets**) was dealing with the transition from raw data to elaborated working files : catches corrections (tonnage and species composition), sampling strategy (methodology and sample size), homogeneous spatio-temporal strata definition, raising of catches, efforts and demographic

structures (strata substitutions); eight documents were related to this topic, leading up to six recommendations.

Finally, the third (**Calculation of Indices**) aimed to evaluate the validity of methods used to compute the required databases for the later populations dynamics studies : fishing effort standardization, individual (ships) and global (fleets) fishing power evolution, computation of abundance index by species as well as catches by size or age classes, impact of the school type (log associated or free swimming) on these evaluations; four documents were related to this topic, leading up to four recommendations.

Among the main conclusions of the GTS, emphasis was laid on the following :

- 1- the systematic splitting between fishing methods (on logs and free schools) should be generalized at all levels (wells selection, species and size sampling, raising of species and size compositions);
- 2- some of the components defining the sampling and strata substitution (catches specific correction and spatio-temporal demographic structure catches breakdown) strategy, as well as fishing power and methodology to calculate standardized efforts and abundance indices, should be devoted more advanced statistical studies, to have a better idea of their limits of validity and to define - when necessary - some more realistic approaches;
- 3- the achievement of some of these studies (as the detailed comparison between sampling and strata substitution methods) is all the more necessary as the present methods used in the Eastern Atlantic and Western Indian Oceans are not always similar;
- 4- lastly, that the numerous and important modifications and technological innovation observed these last years in the purse seine fleet, as well as the development of log-fishing, had direct consequences on the estimates of the abundance indices and, thus, on the stocks follow-up and assessment.

Consequently, the working group considered it was of the utmost importance that some research efforts should be devoted at this level, as it is suggested among others in this document.

**Estadísticas y Estimadores de las Pesquerías de Túnidos
Tropicales al Cerco - Informe de la Reunión del Grupo de
Trabajo ORSTOM, Paris, 2-5 julio 1995**

RESUMEN

Desde hace más de veinte años, los investigadores del ORSTOM han desarrollado y puesto a punto procedimientos complejos de recogida y tratamiento de las estadísticas atuneras tropicales en los océanos Atlántico y más recientemente Índico. Los métodos de muestreo y de estimación de los parámetros biológicos se basan a menudo en elecciones empíricas, y los sistemas tienden a evolucionar cada vez más de forma independiente en los dos océanos, la comparación de los métodos empleados y la reevaluación de su validez parecía necesaria y había sido recomendada tanto por el Comité Científico de la Asociación Atunera (Comisión del océano Índico) como por el Comité Permanente para la Investigación y las Estadísticas de la Comisión para la Conservación del Atún Atlántico.

En consecuencia, el ORSTOM organizó del 2 al 5 de julio de 1991 en la sede del instituto en Paris un Grupo de Trabajo "Estadísticas y Estimadores de las Pesquerías de Túnidos Tropicales al Cerco" (GTS) que reunió a 28 investigadores y técnicos directamente implicados, con el fin de comparar los diferentes métodos y definir una estrategia de trabajo óptima común. Diecisiete documentos (Anexo III) sirvieron de base para las discusiones del GTS, que también contaron con análisis complementarios realizados in situ (estaban disponibles las bases de datos francesas y españolas de los océanos Atlántico e Índico hasta 1990) con el fin de comprobar los métodos y las hipótesis de trabajo. Los debates originaron quince recomendaciones de distinto alcance e importancia (Anexo IV) que se agrupan en tres temas:

El primero (**Recogida de Estadísticas**) trataba sobre todos los problemas relacionados con la recolección, entrada y verificación de los datos brutos: desembarcos, fichas de pesca, muestreos específicos y de tallas; diez documentos trataban sobre este punto, que originó cinco recomendaciones.

El segundo (**Elaboración de los datos de base**) trataba del paso de los datos brutos a los ficheros de trabajo con datos elaborados : corrección de las capturas (tonelaje y composición específica), estrategia de muestreo (metodología y tamaño muestral), definición

de estratos espacio temporales homogéneos, extrapolación de las capturas, esfuerzos y estructuras demográficas (sustitución de estratos); ocho documentos estaban relacionados con este tema, que fué objeto de seis recomendaciones.

Por último, el tercero (**Cálculo de los Índices**) tenía por objeto evaluar la validez de los métodos utilizados para obtener los datos necesarios para estudios posteriores de dinámica de poblaciones : estandarización de los esfuerzos de pesca, evolución de las potencias de pesca individuales (barcos) y globales (flotas), cálculo de índices de abundancia por especie y de capturas por clases de tallas o edades, efecto del factor tipo de banco (asociado o libre) sobre estas estimaciones; cuatro documentos trataban sobre este punto, que originó cuatro recomendaciones.

Entre las principales conclusiones del GTS cabe destacar :

- 1- que la separación sistemática entre los métodos de pesca (sobre objetos o bancos libres) se debe generalizar a todos los niveles (selección de las cubas, muestreo específico y de tallas, extrapolaciones de tallas y composición específica);
- 2- que un buen número de elementos relativos a la estrategia de muestreo, a los métodos de sustitución de estratos (corrección de la composición específica de las capturas y reparto espacio temporal de las estructuras demográficas de las capturas), así como los métodos de cálculo de las potencias de pesca, de los esfuerzos estandarizados y de los índices de abundancia, deberían ser objeto de estudios estadísticos más profundos, que permitieran definir sus límites de validez y definir, si fuera necesario, métodos más realistas;
- 3- que la realización de algunos de estos estudios (como la comparación detallada de los sistemas de muestreo y de sustitución de estratos) es tanto más necesaria en cuanto que los métodos utilizados en el Atlántico e Índico no son siempre similares;
- 4- por último que las numerosas e importantes modificaciones y mejoras tecnológicas que han experimentado los cerqueros en los últimos años, así como el desarrollo de la pesca al objeto, han tenido repercusiones directas sobre la estimación de los índices de abundancia, y en consecuencia sobre la evaluación de los stocks.

En consecuencia el GTS consirió que era primordial que se realizaran esfuerzos de investigación a este nivel, y es lo que se propone entre otras cosas en este documento.

SOMMAIRE

RESUME.....	I
ABSTRACT.....	III
RESUMEN.....	V
SOMMAIRE.....	VII
1- CONTEXTE GENERAL ET JUSTIFICATION.....	1
2- PREPARATION ET MODALITES PRATIQUES DE LA REUNION	2
3- THEME 1 : RECUEIL DES STATISTIQUES	3
3.1- Collecte des données.....	3
3.1.1- Flottilles et débarquements	4
3.1.2- Prises et Efforts (Fichier "Pêche")	5
3.1.3- Echantillonnage de la composition spécifique et des tailles	5
3.2- Codage et saisie des données brutes.....	7
3.3- Elaboration des fichiers de données brutes corrigées	8
3.4- Description du système statistique de la CPS.....	8
4- THEME 2 : ELABORATION DES DONNEES DE BASE.....	9
4.1- Extrapolation des prises et des efforts	10
4.2- Correction de la composition spécifique des prises.....	12
4.2.1- Stratégies d'échantillonnage	13
4.2.2- Facteurs de stratification	14
4.2.3- Substitutions de strates	15
4.3- Estimation de la structure démographique des prises.....	16
4.3.1- Stratégie d'échantillonnage	16
4.3.2- Pondération des échantillons	16
4.3.3- Procédures de substitution et d'extrapolation des échantillons de taille	17
4.4- Discussion générale et Recommandations	19

5- THEME 3 : CALCUL DES INDICES.....	25
5.1- Puissances de pêche et Efforts standardisés	25
5.1.1- Efforts de pêche nominaux et effectifs	25
5.1.2- Analyse de la variabilité des rendements annuels....	26
5.1.3- Recherche du "bateau type"	31
5.1.4- Standardisation des efforts de pêche.....	32
5.2- Indices d'abondance	37
5.2.1- Méthodologie et nouvelles approches	37
5.2.2- Effet du type de banc	38
5.3- Structure démographique.....	38
5.3.1- Analyse critique des méthodes d'estimation des classes d'âge.....	39
5.3.2- Prise en compte de la variabilité spatio-temporelle et de l'impact du type de banc.....	40
6- CONCLUSIONS	40
ANNEXE I ORDRE DU JOUR DE LA REUNION	43
ANNEXE II LISTE DES PARTICIPANTS A LA REUNION	45
ANNEXE III LISTE DES DOCUMENTS PRESENTES A LA REUNION	47
ANNEXE IV NOUVELLE CODIFICATION DES SYSTEMES ASSOCIES	49
ANNEXE V ANALYSE COMPARATIVE DE LA VARIABILITE DES RENDEMENTS DES SENNEURS FIS ENTRE L'OCEAN INDIEN ET L'OCEAN ATLANTIQUE EST	51
ANNEXE VI RELEVÉ DES RECOMMANDATIONS.....	59

1- CONTEXTE GENERAL ET JUSTIFICATION

Les processus d'échantillonnage et d'évaluation des paramètres biologiques essentiels à la compréhension des pêcheries thonières sont souvent basés sur des choix relativement empiriques plus ou moins justifiés. Il est apparu nécessaire de les passer en revue, tant pour tester la validité des méthodes employées (et standardiser si nécessaire les processus utilisés) que pour affiner les évaluations. Une telle étude comparative des systèmes de recueil de statistiques thonières en milieu tropical avait d'ailleurs déjà fait l'objet de recommandations lors des récentes réunions du Comité Scientifique de l'Association Thonière de la Commission de l'océan Indien (Comores, octobre 1990) et du Comité Permanent pour la Recherche et les Statistiques de la Commission Internationale pour la Conservation des Thonidés de l'Atlantique (Madrid, novembre 1990).

Les pêcheries à la senne des océans Atlantique et Indien contribuent pour 60% à la production totale d'albacore et de listao de ces deux océans, les flottilles espagnoles et françaises en constituant une part importante, voire essentielle. Il est donc fondamental qu'une étroite collaboration existe au niveau des systèmes statistiques, afin d'assurer un minimum de cohérence entre eux. Ce besoin d'une certaine harmonisation peut également être nécessaire entre pêcheries d'océans différents, dans le cadre des recherches sur les déterminismes de base des relations thons-environnement par exemple.

C'est pour ces raisons, ainsi que dans le but d'harmoniser les activités entre ses différentes équipes, que l'UR 1K ("Environnement et Recherches hauturières") de l'ORSTOM a organisé - avec le concours de la Commission Scientifique d'Hydrobiologie et d'Océanographie - un groupe de travail (dit GTS) ayant pour objectif de réaliser la comparaison exhaustive des différentes approches utilisées afin de définir une stratégie commune optimale.

2- PREPARATION ET MODALITES PRATIQUES DE LA REUNION

Les réflexions proposées au GTS avaient été regroupées autour de trois thèmes :

- **Thème 1 - Recueil des Statistiques** : recueil, codage, saisie et vérification des données de débarquement, de pêche, de sondages spécifiques et de mensurations;
- **Thème 2 - Elaboration des Données de base** : stratégies d'échantillonnage (correction des tonnages et des compositions spécifiques : taille des échantillons, définition des strates spatio-temporelles, extrapolation des prises, efforts et structures démographiques);
- **Thème 3 - Calcul des Indices** : évaluation des méthodes d'estimation des paramètres nécessaires aux études de dynamique des populations (coefficients de puissance de pêche, efforts standardisés), calcul des indices d'abondance spécifiques et des prises par classes de tailles ou d'âges, impact du facteur type de banc (associé ou libre) sur ces estimations.

La réunion du GTS s'est tenue du 2 au 5 juillet au siège de l'ORSTOM à Paris, regroupant 28 chercheurs et techniciens de l'UR, de l'Institut Espagnol d'Océanographie (IEO), de l'Institut Océanographique du Vénézuéla, de l'Institut Sénégalais de Recherche Agronomique (CRO Dakar-Thiaroye) et du Centre de Recherche sur les Pêches d'Albion (Ile Maurice). L'ordre du jour et la liste des participants se trouvent dans les Annexes I et II.

L'organisation de la réunion avait été préparée par Jean Pierre HALLIER, qui a été chargé de la présider. Des rapporteurs ont été désignés pour chacun des thèmes (Alain HERVÉ, Thème 1; Pilar PALLARES et Patrice CAYRÉ, Thème 2; Francis MARSAC et Renaud PIANET, Thème 3), Renaud PIANET étant chargé de la synthèse et de la rédaction finale du rapport.

Un certain nombre de travaux préliminaires relatifs à chacun des trois thèmes retenus avaient été réalisés avant la réunion (Cf. liste des documents, Annexe III); ils ont été exposés pendant les travaux du GTS, les discussions générales à partir de ces documents ayant alterné avec la réalisation de calculs informatiques destinés à tester les méthodes ou hypothèses de travail.

Les fichiers de base constitués des données les plus récentes (France et Espagne pour les océans Atlantique et Indien jusqu'en 1990), disponibles lors du GTS, ont permis de réaliser de nombreuses analyses selon diverses variantes : comparaison des jeux de données, comparaison des résultats des analyses préliminaires, calcul des incertitudes sur les paramètres statistiques (efforts, PUE, prises par classes d'âge,). Ce volet - essentiel au bon déroulement du groupe de travail - a nécessité la participation active de statisticiens et d'informaticiens, mais aussi la mise à disposition de moyens calculs (micro, mini-ordinateur ou station de travail, imprimante et table traçante) ainsi que des logiciels idoines (SAS par exemple). Il a été rendu possible grâce au Service Informatique de l'ORSTOM qui a mis en place à proximité du lieu de réunion un terminal relié à l'ordinateur central de Bondy, sur lequel les bases de données avaient été implantées ainsi que leurs principaux logiciels de traitement ¹.

3- THEME 1 : RECUEIL DES STATISTIQUES

Dix des documents préparés concernaient entièrement ou en partie ce thème de réflexion (Annexe III : GTS/1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 15, 16, 17). Ils font pour l'essentiel la description précise des procédures de collecte, de vérification et d'élaboration des données actuellement en vigueur, jusqu'à l'obtention des fichiers intermédiaires dits de "données brutes corrigées".

3.1- COLLECTE DES DONNEES

La comparaison entre les méthodes de collecte et de codification utilisées par les différentes équipes (notamment les problèmes concrets rencontrés dans le codage des données) et l'estimation du minimum souhaitable d'harmonisation entre les systèmes en vigueur représentaient une partie essentielle des travaux du GTS. Fondamentalement, tous ces systèmes dérivent de celui mis en place dans l'Atlantique dès le début de la pêche thonière française, avec des évolutions propres découlant des conditions particulières à chaque flottille et zone géographique.

¹ Nos remerciements vont en particulier à P. MALLARD, informaticien du siège, qui a offert et aménagé les facilités mises en place pour la réunion.

Les principaux systèmes de collecte ont été décrits par leurs utilisateurs et le lecteur curieux se reportera avec intérêt aux documents de travail cités pour plus de détails :

- **Océan Atlantique** : ils concernent les flottilles FIS (France - Côte d'Ivoire - Sénégal) à Abidjan (GTS/2) et Dakar (GTS/9);
- **Océan Indien** : ils s'adressent aux flottilles franco-ivoirienne, espagnole, japonaise et russe exerçant dans l'océan Indien, dans le cadre du Centre Régional de Calcul de Maurice (GTS/4, 5, 6 et 7) d'une part, du centre ORSTOM des Seychelles (GTS/15) d'autre part, ainsi qu'à la flottille espagnole à partir des Seychelles (GTS/16);
- **Océan Pacifique** : à titre comparatif, les grandes lignes du système mis en oeuvre dans le Pacifique ouest par la Commission du Pacifique Sud (CPS) en liaison avec le Forum Fisheries Agency (FFA) a été brièvement présenté (GTS/17).

3.1.1- Flottilles et débarquements

Fichier "Bateaux"

Ce fichier (centralisé et géré au CRO d'Abidjan puis à Montpellier) a en particulier pour rôle d'attribuer un numéro à chaque thonier, ainsi que de déterminer - en fonction des caractéristiques qui lui ont été communiquées - son code "catégorie de taille", la capacité de transport du navire étant le critère déterminant pour lui attribuer ce code. Les codes "catégorie" de certains bateaux, classés à l'origine selon leur jauge brute, risquent de devoir être modifiés, car il n'y a pas toujours équivalence entre les codes attribués selon des critères de jauge brute ou de capacité de transport.

Recommandation 1 : étudier la relation statistique entre jauge brute et capacité de transport, afin de déterminer des catégories de bateaux plus cohérentes, et éventuellement de modifier certaines catégories dans le fichier de base.

Fichier "Débarquements"

On n'a pas de problèmes particuliers à ce niveau, sauf en ce qui concerne les navires de la flottille espagnole dans l'Atlantique qui ne pèsent pas leurs captures lors des transbordements, et pour lesquelles on ne dispose que d'un chiffre global annuel du tonnage réellement pêché.

Fichier "Historique des Marées"

Ce fichier propre à l'océan Atlantique permet de suivre les activités des thoniers entre les différents lieux de débarquements; il n'existe pas dans l'océan Indien, le fichier débarquements remplissant cet office puisque toutes les marées sont recensées aux Seychelles; la diversification récente (Antsiranana) et future (Mombasa) des débarquements y rend cependant urgente la mise en place d'un tel fichier.

La possibilité de pouvoir quantifier un effet capitaine a été jugée *a priori* très intéressante pour certaines études, notamment celles concernant l'évolution des puissances de pêche des senneurs; néanmoins, en raison des problèmes d'autorisation que cela pourrait poser au regard de la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés, le GTS a préféré renoncer à coder ce paramètre.

3.1.2- Prises et Efforts (Fichier "Pêche")

Les besoins différant entre les flottilles et les océans, on continuera probablement à avoir des disparités dans les renseignements demandés selon les cas (loch journalier, heure de calée, ...). Néanmoins, en raison des fréquents mouvements de flottilles d'un océan à l'autre, l'uniformisation des fiches de pêche serait souhaitable et faciliterait grandement la tâche des capitaines.

Recommandation 2 : à défaut de la mise en place d'un modèle standard commun, il faudra veiller à ce que les renseignements essentiels demandés soient identiques sur les différents types de fiches de pêche.

3.1.3- Echantillonnage de la composition spécifique et des tailles

Fichier "Mensurations"

Traditionnellement - et pour des raisons "historiques", la célèbre limitation à 80 caractères des cartes perforées - les tailles des albacores étaient mesurées en longueur prédorsale (LD1) au centimètre près par défaut jusqu'à 35 cm, au demi centimètre près par défaut au-delà; cette pratique, désormais inutile et pouvant de plus générer des biais, sera désormais abandonnée.

Recommandation 3 : dès 1992, les longueurs prédorsales (LD1) des albacores et patudos seront mesurées au demi centimètre près par défaut pour toutes les classes de taille.

Stratégie d'échantillonnage

Deux stratégies différentes, séparant ou non échantillonnage spécifique et de tailles, sont utilisées :

- La première (Atlantique, Maurice, thoniers français à Madagascar en 90-91) procède selon un échantillonnage de taille aléatoire (toutes espèces confondues et proportionnellement à la prise) des débarquements, tout en estimant en même temps la composition spécifique;
- La seconde (Seychelles, thoniers espagnols puis français à partir de 92 à Madagascar) sépare les deux processus, les sondages spécifiques de la cuve échantillonnée étant effectués indépendamment des échantillonnages de taille des espèces présentes dans la prise.

Le GTS a estimé que la première méthode (historiquement la plus ancienne) risquait de surestimer l'importance numérique des gros individus, tout en entraînant un sur-échantillonnage inutile des petits (listaos en particulier). On a également fait remarquer qu'elle était souvent difficile à mettre en oeuvre dans de bonnes conditions de sécurité sur les bateaux.

De manière plus générale, la distinction systématique entre poissons pêchés sur bancs associés (peut-être en distinguant épaves naturelles et artificielles) et poissons pêchés sur bancs libres telle qu'elle est pratiquée aux Seychelles devra être généralisée :

Recommandation 4 : partout où cela sera possible, la méthode d'échantillonnage séparant composition spécifique et composition de tailles telle qu'elle est pratiquée aux Seychelles sera mise en oeuvre.

Ces stratégies et leurs conséquences éventuelles (introduction de biais potentiels) seront exposées en détail et discutées dans le cadre du thème 2.

3.2- CODAGE ET SAISIE DES DONNEES BRUTES

La discussion a ensuite porté sur la codification des "systèmes associés" aux thons, laquelle n'est pas jugée satisfaisante actuellement; une nouvelle grille (sur deux digits répétés trois fois) mise au point à Abidjan a été proposée et adoptée (Annexe IV). Ces nouveaux champs seront ajoutés en fin d'enregistrement, et entreront en vigueur au 1er janvier 92; pour les marées à cheval sur 91 et 92, il a été décidé de coder les jours de pêche de 91 selon l'ancien système et les jours 92 avec le nouveau.

Là où il est en vigueur, le champ "apparence" sera maintenu sur un digit avec la codification suivante (Tableau 1) :

Tableau 1 : Codification du champs "apparence" des fiches de pêche (modèle Atlantique)

code	type	code	type
0	inconnu	5	poisson isolé
1	saut, brisants, poisson en bouillon	6	saut d'albacores
2	balbaya	7	saut de listaos
3	sardara	8	balbaya d'albacores
4	matte	9	balbaya de listaos

Nota : les codes utilisés aux Seychelles sont différents

Le fichier mensuration doit conserver un des codes association figurant dans le fichier pêche; en cas de codes multiples, il faudra prévoir une hiérarchisation afin de ne conserver que le code le plus important comme cela est déjà pratiqué aux Seychelles.

Le système diffère quelque peu entre les océans Atlantique et Indien : alors que le modèle Atlantique attribue à l'échantillon une date, position "moyenne" et apparence en fonction du plus gros coup de senne de la cuve, le modèle Seychelles code la date, position et apparence de chacun des coups de senne dans la cuve échantillonnée (jusqu'à un maximum de cinq).

Enfin, les quatre derniers codes seront utilisés pour préciser les calées nulles. De plus, lorsque l'enquête le précise, l'information concernant les calées nulles (association, apparence, ...) devra être conservée dans le fichier pêche.

Recommandation 5 : la nouvelle grille de codification des "systèmes associés" aux thons sur deux digit figurant en Annexe IV du rapport est adoptée et sera généralisée à compter du 1er janvier 1992. Dans les océans Atlantique et Indien, le champ "apparence" sur un digit actuellement utilisé sera maintenu avec la nouvelle codification.

3.3- ELABORATION DES FICHIERS DE DONNEES BRUTES CORRIGÉES

Les procédures de vérification et mise en forme des fichiers de travail (fichiers de données brutes corrigées) sont présentées en détail dans les différents documents cités en tête de ce chapitre. Elles ne semblent pas poser de problèmes particuliers, les méthodes utilisées étant toutes assez semblables. On trouvera l'organigramme de la chaîne des traitements de saisie, vérification et élaboration des fichiers bruts Atlantique dans le document GTS/1, et celui des Seychelles dans l'annexe 9 du GTS/15.

3.4- DESCRIPTION DU SYSTEME STATISTIQUE DE LA CPS

A titre comparatif, le système mis en oeuvre par la CPS a été sommairement présenté. La situation y est très différente, dans la mesure où cet organisme ne maîtrise pas directement le recueil des statistiques (il relève des Etats membres, qui les obtiennent par l'intermédiaire des accords de pêche), la CPS les récupérant soit par le biais de la FFA pour les pays qui en sont membres, soit directement auprès des autres Etats ou Territoires. Les données reçues peuvent être soit "propres" sur support informatique (accord régional USA/FFA et quelques états membres), soit "brutes" (fiches de pêche) qu'elle saisit, code et vérifie; l'essentiel de l'information consiste en données fines journalières. Enfin, des échantillonnages de tailles sont pratiqués dans le cadre de certains accords (USA) et par certains pays (Fidji, ...) sous sa supervision.

Le rôle essentiel de la CPS consiste donc à maintenir une "Base de Données Régionale Thon", gérée sous ORACLE, et de fournir - à la demande des pays membres ou de la FFA - des analyses sur la situation de leurs pêcheries ainsi que des évaluations globales très "grossières" sur l'état des stocks (suivi des tendances de PUE brutes).

Ce système, maintenant bien rodé, souffre malgré tout de quelques handicaps majeurs :

- il ne dispose pas des statistiques de débarquements, ce qui interdit toute correction des données provenant des fiches de pêche (en tonnage comme en composition spécifique) : à titre d'exemple, les prises de patudo par les senneurs nippons et américains sont considérées comme nulles alors que des sondages spécifiques ont montré qu'elles pouvaient atteindre 20-30% des prises en nombre (environ 10% en poids);
- les données restent le plus souvent limitées aux ZEE (sauf dans le cas de l'accord multilatéral USA/FFA), cette hétérogénéité interdisant pratiquement toute extrapolation spatiale crédible;
- les taux de couverture des enquêtes sont variables, décroissant des senneurs (relativement bon : 60-70%) aux canneurs (moyen : 40%) et palangriers (médiocre : 30%).

En raison de la médiocrité globale de ces statistiques, le Programme Thon de la CPS a beaucoup investi dans les marques; à ce titre, le programme actuel - financé sur 3 ans par la CEE - est un véritable succès.

On signalera aussi l'expérience - semble t'il unique dans le domaine thonier - de l'utilisation d'une base de données du commerce (ORACLE) pour gérer sa base de données qui est considérable (16 pays, 900 navires et 5.000 marées par an, 350-400 Mo en tout); si elle est efficace en terme d'extraction des données, les scientifiques du programme sont assez critiques à son égard, ce système étant peu pratique pour l'utilisateur final (langage SQL relativement ardu, nécessité d'interroger toute la base lors de chaque requête, absence de graphiques). On soulignera que tout le système de saisie - codage - vérification des données se fait sur micros sous FoxPro.

4- THEME 2 : ELABORATION DES DONNEES DE BASE

Huit des documents préparés concernent entièrement ou en partie ce thème de réflexion (Annexe III : GTS/1, 2, 8, 11, 13, 15, 16, 17). Ces dernières validations, de caractère plus scientifiques, permettent d'aboutir aux véritables fichiers de travail qui seront utilisés dans toutes les analyses ultérieures.

4.1- EXTRAPOLATION DES PRISES ET DES EFFORTS

Cette opération a pour but d'ajuster les prises totales estimées à partir des fiches de pêche aux débarquements ou transbordements, plus fiables puisqu'en général ceux-ci sont pesés. Cette opération est nécessaire pour deux raisons :

- bien que la couverture des flottilles de pêche de surface soit en général excellente (proche de 90% dans l'océan Atlantique, pratiquement 100% dans l'océan Indien), il est indispensable de prendre en compte l'intégralité de la capture en incluant les marées non échantillonnées; les efforts de pêche sont également réajustés pour tenir compte des marées manquantes;
- les déclarations des prises reportées par les capitaines dans les fiches de pêche ne sont que des estimations au jugé de la prise totale et de sa répartition par espèce, ces chiffres devant donc être réajusté aux données exactes obtenues lors des débarquements et des échantillonnages au port.

L'étude de la distribution des facteurs d'extrapolation dans les océans Atlantique et Indien montre que les prises déclarées dans les fiches de pêche sont en moyenne sous-estimées par les patrons. Une analyse statistique de la variabilité de ces erreurs d'estimation, réalisée à partir de 385 marées de 44 senneurs FIS de l'Atlantique en 1990 (GTS/10) montre que cette sous-estimation globale est de l'ordre de 5%, avec un "effet bateau" (probablement capitaine) très marqué. L'estimation équivalente pour l'océan Indien faite à partir de 146 marées de 21 senneurs (France, Côte d'Ivoire) pendant le GTS montre une sous-estimation moyenne de 7% des prises proche de celle observée dans l'Atlantique, avec une variabilité plus faible des coefficients de correction probablement due à un échantillon plus restreint (Cf. Tableau 1 de l'Annexe V, repris dans le Tableau 2).

Deux méthodes d'extrapolation sont actuellement utilisées :

Océan Atlantique

Traditionnellement, les fiches de pêche des senneurs FIS et espagnols étaient extrapolés aux débarquements totaux de l'océan Atlantique selon un facteur annuel propre à chacune des trois catégories d'engin (canneurs, petits senneurs et grands senneurs), toutes espèces principales (albacore, listao et patudo) confondues.

Tableau 2 : Comparaison des coefficients d'extrapolation des prises (rf) des senneurs FIS entre les océans Atlantique-est et Indien en 1990

Paramètre	Océan Indien	Océan Atlantique-est
Effectif		
Senneurs	21	44
Marées	146	385
Etendue (Max-Min)	1,08	2,49
Minimum	0,82	0,09
Maximum	1,90	2,58
Quantiles		
Q1 (25%)	1,01	1,03
Médiane (50%)	1,06	1,05
Q3 (75%)	1,10	1,12
Distribution		
Moyenne	1,07	1,05
Ecart-type	0,11	0,20

Une nouvelle méthode d'extrapolation des prises FIS en deux étapes est utilisée depuis 1990 (GTS/9) :

- ajustement de chaque marées enquêtée à son débarquement (chaque estimation est pondérée du rapport Débarquement-Prise totale de la fiche de pêche, toutes espèces confondues);
- prise en compte des marées non enquêtées par extrapolation des prises et efforts des marées enquêtées à la prise totale débarquée, stratifiée par engin, port et mois.

Cette nouvelle méthode - même si elle présente encore des insuffisances en cas de faibles taux de couverture - a cependant le mérite de proposer une stratification au niveau du port, ce qui ne peut qu'améliorer l'estimation des prises en réduisant les biais introduits par l'extrapolation sur une base annuelle telle qu'elle était pratiquée auparavant, ainsi que ceux pouvant résulter de l'extension d'un mauvais taux de couverture d'un port à l'ensemble de la flottille. En ce qui concerne la flottille espagnole dans l'océan Atlantique, des problèmes liés aux débarquements partiels et/ou non contrôlés des marées rendant difficile l'application de cette méthode d'extrapolation stratifiée, l'ancienne méthode a été gardée.

Océan Indien

La correction des prises déclarées dans les fiches de pêche est faite par marée d'après les poids débarqués ou transbordés. La couverture des fiches de pêche étant de 100% tant pour la flottille espagnole que française, aucune extrapolation supplémentaire n'est nécessaire. Par contre, les tonnages débarqués par les senneurs Japonais et russes n'étant pas (ou que très partiellement) connus, aucune correction ne leur est actuellement appliquée.

4.2- CORRECTION DE LA COMPOSITION SPECIFIQUE DES PRISES

L'existence de biais importants dans les déclarations des prises par espèce des fiches de pêche avait été mise en évidence par le groupe de travail sur les thonidés tropicaux juvéniles (ICCAT, Madrid, 1984), et une méthode de correction de la composition spécifique des prises avait été proposée.

En effet, et malgré leur bonne qualité d'ensemble, des biais importants peuvent exister à ce niveau dans les fiches de pêche, ceux-ci pouvant être d'autant plus importants que la calée sera hétérogène et que les poissons seront petits. On ne pourra pas plus compter sur les débarquements, les catégories commerciales utilisées regroupant le plus souvent plusieurs espèces d'une catégorie de taille donnée; à titre d'exemple (celles-ci pouvant varier dans le temps en fonction du marché), le Tableau 3 donne une idée des catégories commerciales utilisées par les senneurs français.

Tableau 3 : Catégories commerciales utilisées (senneurs français)

Catégorie commerciale	Composition spécifique
Albacore + 10	Albacore > 10 kg
Albacore - 10	Albacore 3 - 10 kg; Patudo 3 - 10 kg
Listao + 1,8	Listao > 1,8 kg; Albacore 1,8 - 3 kg; Patudo 1,8 - 3 kg
Listao - 1,8	Tous thons de moins de 1,8 kg
Patudo	Patudo de plus de 10 kg
Germon	Germon, en général 15 - 30 kg

Les capitaines ayant en général tendance à estimer leurs prises en terme de catégories commerciales, il en résulte à l'évidence qu'une estimation indépendante de la composition spécifique par échantillonnage est indispensable.

4.2.1- Stratégies d'échantillonnage

Océan Atlantique

La correction de la composition spécifique des captures des fiches de pêche, qui repose sur une stratification de la pêcherie relativement homogènes vis-à-vis des tailles, se fait en deux temps (GTS/9) : les débarquements sont d'abord échantillonnés proportionnellement à la prise pour la composition spécifique et les tailles en même temps, puis les compositions spécifiques moyennes obtenues dans chaque strate sont calculées à partir de l'ensemble des échantillons disponibles (français et espagnols); les facteurs de correction obtenus servent ensuite à corriger les catégories de taille des fiches de pêche et s'appliquent à la totalité des échantillons des senneurs, indépendamment du pavillon.

Globalement, la méthode 2 repose sur :

- un système d'échantillonnage multispécifique dont l'unité d'échantillonnage est la cuve : la sélection de l'échantillon est aléatoire et indépendante de l'espèce, son effectif (de 50 à 200) fonction de son hétérogénéité;
- une stratification spatio-temporelle selon 13 zones (définies à partir de la saisonnalité des prises et des tailles observées), bimestres et catégorie de poids (<10kg, 10-30kg, >30kg);
- un seuil de significativité de l'échantillonnage par strate en poids (prise échantillonnée/prise totale > 1/250), ainsi qu'en nombre (> 200 poissons), fixés plus ou moins arbitrairement.

Il est bon de rappeler que pour être valable, la méthode exige que ses trois hypothèses de base - échantillonnage aléatoire, déclarations non biaisées des catégories commerciales par les patrons et composition spécifique des strates homogènes - doivent être strictement remplies.

Océan Indien (Seychelles)

Deux procédures y ont été successivement utilisées pour corriger la composition spécifique des prises françaises.

2 BARD et VENDEVILLE, 1985 : ICCAT, SCRS/85/47
Rapport du groupe de travail sur les thonidés tropicaux juvéniles :
ICCAT, XXI (1).

De 1984 à 1988, seules les cuves contenant des prises déclarées comme "mélangées" (d'après les fiches de pêche ou le plan de cuve) faisaient l'objet d'un sondage spécifique, ce type de prises représentant une composante importante (de 10 à 30%) des prises des flottilles françaises et associées; aucune correction n'était faite sur le reste des prises (et en particulier sur le listao "seul"), bien que ces déclarations aient probablement été elles aussi biaisées.

Depuis 1989, un système de correction spécifique dérivant de celui utilisé dans l'océan Atlantique, mais séparant sondage spécifique et échantillonnage des tailles a été développé :

- dans un premier temps, un échantillonnage spécifique (3-400 poissons par cuve selon l'espèce et la catégorie, en changeant de dockers au cours du sondage), permet de déterminer un pourcentage numérique des espèces;
- un échantillonnage classique (une centaine de poissons de chaque espèce prise séparément) est ensuite réalisé, pour obtenir leurs structures de tailles respectives;
- un dernier sondage spécifique de contrôle est exécuté à la fin des opérations, les deux sondages étant ensuite moyennés; si la cuve s'avère être particulièrement hétérogène, on pourra procéder à plusieurs sondages spécifiques intermédiaires;
- les échantillons de tailles de chaque espèce sont enfin pondérés selon ces pourcentages et convertis en poids à partir de leurs relations taille-poids, les pourcentages pondéraux ainsi obtenus étant finalement utilisé pour corriger la composition spécifique des prises.

4.2.2- Facteurs de stratification

Les divers aspects des procédures utilisées par les deux méthodes ("Atlantique" et "Seychelles") ont été examinées avec attention par le GTS.

En particulier, la méthode de correction développée dans l'Atlantique s'est révélée difficile à mettre en oeuvre au port de Victoria, tant à cause de la quasi impossibilité de procéder à une sélection aléatoire de l'échantillon pour diverses raisons (tri des poissons dès la sortie de la cuve, accès à la cuve malaisé, sécurité problématique, ...) qu'en raison des biais probables dans les catégories de tailles rapportées par les patrons.

L'existence de telles difficultés pratiques et théoriques devraient être examinées dans l'Atlantique : si le risque d'avoir un échantillon-

nage non aléatoire ne semble pas devoir être important (encore faudrait-il s'en assurer), le GTS a cependant jugé nécessaire de vérifier les biais éventuels pouvant provenir des catégories de tailles telles qu'elles sont déclarées par les patrons; d'autres inconnues (comme le taux de recouvrement des enquêtes ou le pourcentage d'enquêtes reportant correctement les catégories de taille) méritent également d'être étudiées.

Recommandation 6 : tant dans l'océan Atlantique que dans l'océan Indien, il est nécessaire de tester les biais pouvant provenir des catégories de tailles telles qu'elles sont déclarées par les patrons, en étudiant marée par marée :

- la concordance entre les prises obtenues à partir des données de catégories de tailles commerciales du fichier débarquement et celles des estimations par les patrons des captures par taille dans les fiches de pêche;
- la concordance entre les captures par catégorie de tailles déclarées dans les fiches de pêche avec la proportion de ces catégories dans les échantillons effectués;
- les biais relatifs aux estimations des catégories commerciales par les capitaines à partir d'échantillonnages réalisés sur des cuves contenant des calées uniques.

4.2.3- Substitutions de strates

Océan Atlantique

Elle se font naturellement selon les strates spatio-temporelles (zones*bimestres*catégorie de taille) préétablies définies à partir de l'hétérogénéité de la pêcherie pour les tailles, selon la composition moyenne de la catégorie, toutes zones comprises pour la composition spécifique.

Océan Indien

Le principe de la méthode est plus complexe, procédant par élargissement successif de la strate échantillonnée. La strate spatio-temporelle considérée au début est le carré 1°*quinzaine; elle sera élargie au carré 5°*quinzaine si aucun sondage spécifique n'y est

trouvé, les pourcentages des prises déclarées sur les fiches de pêche pour la strate initiale étant conservés en cas d'échec à ce niveau. Elle comporte également une stratification supplémentaire selon le type de banc (séparation entre bancs libres ou associés), mais par contre pas de seuil de significativité; enfin, les prises de patudo obtenues à partir des sondages ne peuvent pas être inférieures à celles déclarées sur les fiches de pêche, auquel cas le tonnage de patudo sera conservé et seules les prises d'albacore et de listao seront corrigés.

En ce qui concerne la flottille espagnole dans l'océan Indien, la répartition par espèce des prises mélangées était réalisée avant le codage jusqu'en 1989, puis la procédure développée pour la flottille française a été utilisée à partir de 1990.

4.3- ESTIMATION DE LA STRUCTURE DEMOGRAPHIQUE DES PRISES

4.3.1- Stratégie d'échantillonnage

Elle est identique dans chaque océan (Atlantique et Indien) à celle décrite précédemment pour l'estimation de la composition spécifique de la capture.

4.3.2- Pondération des échantillons

Alors que dans l'océan **Atlantique** la pondération se fait sur la prise par espèce et par coup de senne estimée d'après l'échantillonnage multispécifique commun (tailles et composition spécifique), dans l'océan **Indien** elles sont réalisées à partir des prises par espèces déclarées dans les plans de cuves, cette information étant obtenue auprès du frigoriste, et donc en général indépendante de celle provenant des fiches de pêche des patrons.

Aux Seychelles, le choix des cuves à échantillonner se fait selon un critère d'homogénéité dans le temps (calées séparées de moins de 15 jours) et dans l'espace (calées dans le même carré $5^{\circ} \times 5^{\circ}$, ou distantes de moins de 5°); on a en particulier souligné la nécessité d'éviter les cuves contenant plusieurs calées dispersées dans le temps et/ou l'espace, ainsi que celles correspondant à plusieurs calées homogènes dans le temps et l'espace, mais contenant un mélange de poisson pêché sur épave et sur banc libre.

Le choix du critère de pondération de l'échantillon semble aussi poser quelques problèmes dans le cas de grosses calées de poisson mélangé réparties dans plusieurs cuves : dans l'Atlantique c'est le poids total de la calée qui est utilisé comme coefficient de

pondération de l'échantillon, alors que dans l'océan Indien on ne prend en compte que le poids de la cuve échantillonnée. Une telle situation étant susceptible d'introduire une source de biais dans la correction de la prise totale du coup de senne, il serait souhaitable de vérifier l'homogénéité des tailles et de la composition spécifique entre elles.

Recommandation 7 : une étude fine (par échantillonnages multiples) des grosses calées de poisson mélangé réparties dans plusieurs cuves devra être réalisée afin de vérifier dans quelle mesure une seule cuve est bien représentative de toute la calée.

4.3.3- Procédures de substitution et d'extrapolation des échantillons de taille

La stratification de base actuellement retenue pour les études de dynamique des populations thonières est le mois*engin*carré 5°. Les substitutions de strates sont nécessaires dans tous les cas où l'on ne dispose pas d'échantillon dans une strate, et fortement souhaitables lorsque les échantillons disponibles risquent de ne pas être représentatifs. Cette procédure permet en conséquence d'attribuer une structure démographique à toutes les strates dans lesquelles une prise a été réalisée.

Après être passé - dans chaque strate - d'une structure de taille en nombres (obtenues à partir des échantillonnages) à une structure en poids par l'intermédiaire des relations taille-poids des espèces concernées, la distribution résultante sera ensuite extrapolée à la capture totale en poids de la strate.

Océan Atlantique

Les substitutions sont systématiquement opérées chaque fois que l'échantillonnage de taille correspondant aux captures est jugé insuffisant (facteur multiplicatif supérieur à 250, ou effectif total des échantillons inférieur à un seuil à préciser), cette situation ne correspondant en fait qu'à 5-10% seulement des captures (GTS/11). L'algorithme automatique utilisé - comprenant 9 procédures de substitution entre secteurs 5°*5°, engins (moyens et grands senneurs) et flottilles (FIS et espagnols) classées par ordre de priorité (successivement l'engin ou la flottille, suivi du secteur moyen puis du mois) - est décrit en détail dans le document GTS/9 et résumé dans le Tableau 4.

Certaines contraintes particulières supplémentaires peuvent être imposées : ainsi dans la zone équatoriale, la substitution de deuxième priorité se fera toujours en cherchant un secteur adjacent à latitude constante, jamais vers la côte.

Le développement d'un outil de décision basé sur les techniques de l'Intelligence Artificielle (système expert) pourrait constituer un progrès remarquable par rapport aux tables de substitution préétablies telles qu'elles sont utilisées actuellement.

Tableau 4 : Table de substitution de strates utilisée dans l'Atlantique

Niveau	Facteur constant	Facteur de substitution
1	secteur et mois	engin
2	secteur et mois	flottilles
3	mois et engin	secteur voisins
4	engin et secteur	mois voisins (+/- 1)
5	secteur	mois voisins (+/- 1) et engins
6	secteur et engin	mois (écart +/- 2)
7	engin	secteur et mois voisins (+/- 1)
8	secteur et engin	secteurs voisins et mois (écart +/- 2)

Océan Indien (Seychelles)

En 1989, les substitutions ont porté sur 4 % seulement des captures (GTS/15). La base des substitutions est le carré géographique de 5°*quinzaine entourant le carré de 1°*quinzaine contenant les captures dont on souhaite connaître la structure, après qu'une stratification préalable selon la méthode de pêche (bancs libres ou associés) ait été faite sur les données de pêche et d'échantillonnage. Si aucun échantillon n'y est trouvé, la recherche est élargie aux quinzaînes suivante et précédente, puis, tant que nécessaire, le carré de 5°*5° est progressivement agrandi par pas de 2° jusqu'au carré de 9° dans la quinzaîne, et si nécessaire dans des quinzaînes suivantes ou précédentes. Il n'y a pas de test sur la taille critique que les échantillons doivent atteindre pour être utilisés, sauf en ce qui concerne le patudo dont les échantillons sont généralement de faible taille.

Il n'y a pas eu de traitement intégré des données d'échantillonnage entre les flottilles française et espagnole dans l'océan Indien avant la mi 90; auparavant, les échantillonnages de la flottille française étaient directement utilisés, trop d'incertitudes subsistant sur la qualité des échantillons provenant des senneurs espagnols.

4.4- DISCUSSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

Au niveau de la collecte et de l'élaboration des données, plusieurs considérations importantes doivent être prises en compte :

- L'unité d'échantillonnage "biologique", qui doit être aussi proche que possible du facteur que l'on cherche à estimer (en l'occurrence les compositions spécifique et démographique des populations exploitées) : les calées des senneurs;
- L'unité d'échantillonnage accessible en pratique : leurs cuves;
- Les strates retenues pour les études ultérieures, qui doivent être aussi homogènes que possible : en général le carré 5°*5° par mois.

Dans la pratique, il s'agit donc d'éviter toute procédure risquant de générer des biais. Les nombreuses remarques faites précédemment ont été rappelées, la discussion portant sur l'ensemble des techniques et procédures utilisées dans les deux océans.

En ce qui concerne la définition des strates, plusieurs aspects importants qu'il est absolument nécessaire de prendre en compte ont été soulignés (Cf. GTS/11) :

- les strates spatio-temporelles retenues doivent refléter - aussi parfaitement que possible - l'hétérogénéité de la population exploitée (laquelle est liée à la biologie et au comportement migratoire des espèces), tant en ce qui concerne les tailles que la composition spécifique (qui sont en général fortement corrélés); de manière générale, une strate 5°*mois semble être biologiquement compatible avec l'hétérogénéité observée dans les pêcheries de l'océan Atlantique, quoique la configuration géographique (côte, limites de systèmes océanographiques différents) peuvent amener à tempérer ce résultat;
- des risques d'erreur importants peuvent résulter d'extrapolations faites à partir de strates hétérogènes trop petites (1°*quinzaine par exemple), en particulier si l'effectif total des échantillons est trop faible;
- de manière générale, le plan d'échantillonnage devra accroître le nombre d'échantillons au fur et à mesure que l'hétérogénéité de la capture augmente; ceci devrait se traduire par un effort accru dans les zones à fort mélange de tailles, en diminution dans les zones homogènes;

- ⊙ certaines zones (par exemple contenant des îles ou des monts sous-marins) sont particulièrement hétérogènes, cette hétérogénéité s'accroissant au fur et à mesure que l'on se rapproche du point singulier; elles devront probablement faire l'objet d'un traitement particulier "sur mesure".

De manière théorique, tout facteur ayant une spécificité au niveau de la structure des tailles comme de la répartition spécifique devrait être pris en compte comme variable de stratification; ainsi, d'autres facteurs de stratification possible pourraient être significatifs :

- ⊙ dans l'océan Indien, l'intérêt de la **stratification par type de banc** (bancs libres ou associés) mise en oeuvre est évidente, comme le montre clairement la Figure 1 : lorsque qu'elle n'est pas faite, on peut observer jusqu'à 10 % de petits poissons en plus, cet effet pouvant d'ailleurs être inversé certaines années. Dans l'océan Atlantique, l'hétérogénéité des tailles entre bancs libres et associés est aussi évidente (environ 12 % des captures des senneurs français et espagnols pendant la période 88-90 ont été réalisées sur bancs associés), et la même stratification devrait donc être mise en oeuvre - en raison notamment du développement de la pêche sur épaves artificielles, particulièrement rapide en ce qui concerne la flottille espagnole -, même si cette pratique risque d'introduire un biais en raison d'une possible sous-estimation des calées déclarées comme associées dans les fiches de pêche. Ce biais potentiel ainsi que ses possibles corrections devront être analysés;
- ⊙ l'éventuelle différence de la composition en tailles des bancs associés aux **épaves naturelles ou artificielles** mérite également d'être étudiée : à titre d'exemple, on a signalé dans l'océan Indien que si les patudos représentent près de 6% des prises associées (contre 2-4% des prises sur banc libre) de la flottille FIS, ils peuvent constituer jusqu'à 10-15% des prises des senneurs japonais et mauricien, lesquels pêchent quasi exclusivement sur épaves artificielles. Cette différence importante peut cependant être due à d'autres causes : différences soit dans les zones de pêche fréquentées, soit dans la méthode d'estimation utilisée (en effet, la procédure en usage dans l'océan Indien ne permet pas de corriger une éventuelle surestimation des prises de patudos dans les fiches de pêche, ce qui peut-être le cas pour les senneurs japonais);
- ⊙ enfin, le cas particulier des **îles et monts sous-marins** déjà mentionné mériterait d'être analysé en terme de stratification.

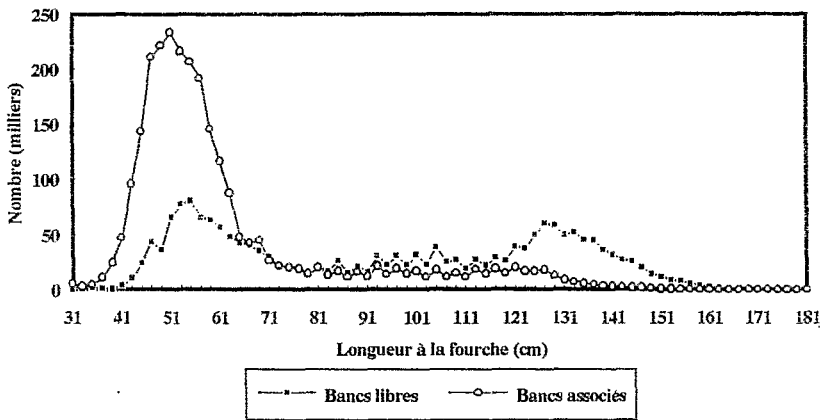


Figure 1 : Effectif moyen par classe de taille des captures sur bancs libres ou associés (flottille FIS, Océan Indien, période 1986-90).

Afin de comparer les stratégies d'échantillonnage mises en œuvre dans les océans Atlantique et Indien (Seychelles) ainsi que leur "efficacité", une analyse des taux d'échantillonnage pour toutes les strates exploitées depuis le début des pêcheries (Poids échantillonné / Prise totale de la strate) a été réalisée dans le cadre du GTS. Les résultats globaux sont reportés dans le Tableau 5, tandis que la Figure 2 montre la distribution des nuages de points (poids des poissons échantillonnés dans chaque strate en fonction de la prise correspondante) ainsi que la régression correspondante et le seuil de représentativité retenu dans l'Atlantique ($1/250$, en poids); un "zoom sur les strates dans lesquelles moins de 1.000 tonnes ont été pêchées permet d'évaluer la situation dans les strates peu exploitées.

En fait, les deux procédures se montrent relativement équivalentes en terme d'efficacité et de couverture sur l'ensemble des deux périodes étudiées, les meilleures performances de l'échantillonnage Atlantique pouvant résulter de la période initiale où les taux de couverture étaient excellents. On notera avec "satisfaction" que si le nombre de strates non échantillonnées est relativement élevé dans les deux cas (environ 40%), peu d'entre elles (respectivement 5 et 7%) ont des prises significatives (>100 tonnes, soit moins du quart de la prise moyenne par strate) ou un RF inférieur à $1/250$; un effort sur celles-ci devrait néanmoins être fait dans l'Océan Indien.

Il a également été suggéré que la comparaison des prises par espèce selon les procédures "Atlantique" et "Seychelles" à partir de quelques bancs bien identifiés devrait permettre de mieux évaluer leurs fiabilité réciproques.

Tableau 5 : Comparaison des taux d'échantillonnage dans les océans Atlantique et Indien.

Niveaux d'échantillonnage	Océan Atlantique	Océan Indien
Les Strates		
Période étudiée	1980 - 1988	1984 - 1989
Nb. total de strates dans la période	1626	590
Nb. moyen de carrés 5°*5° par mois	15,1	8,2
Prise moyenne par strate (tonnes)	470	420
Les Echantillons		
Effectif moyen par strate	?	217
Poids moyen par strate (tonnes)	10,1	5,3
Relation Poids échantillonné - Prise		
Coefficient de corrélation (R^2 en %)	0,788 (62%)	0,824 (68%)
Pente (Ordonnée à l'origine)	0,0163 (2,48)	0,0119 (0,30)
"Facteur moyen" d'échantillonnage	1/61	1/84
Efficacité de l'échantillonnage		
Nb. strates non échant.	622 (38%)	245 (42%)
Nb. strates non échant. (prise > 50 t)	182 (11%)	66 (11%)
Nb. strates non échant. (prise > 100 t)	81 (5%)	41 (7%)
Nb. strates non échant. (prise > 250 t)	26 (2%)	14 (2%)
Nb. strates ayant un RF < 1/250	31 (2%)	44 (7%)
Nb. strates avec N < 200 poissons	?	155 (26%)

La définition de la taille des échantillons a également été discutée. L'échantillonnage multispécifique ayant un double objectif, il n'est pas évident que les résultats soient cohérents à la fois en terme de tailles et de composition spécifique. De même, il reste à démontrer que la stratégie définie aux Seychelles pour des raisons pratiques - bien que dérivée de celle de l'océan Atlantique - est satisfaisante sur le plan théorique. Cependant, on a estimé que, d'une manière générale, l'échantillonnage multispécifique intégral tel qu'il est pratiqué dans l'océan Atlantique doit avoir tendance à suréchantillonner le listao et souséchantillonner le patudo par rapport à la procédure séparant échantillonnages spécifique et démographique en usage aux Seychelles.

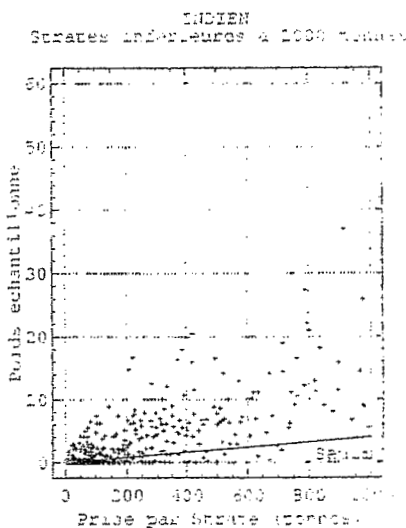
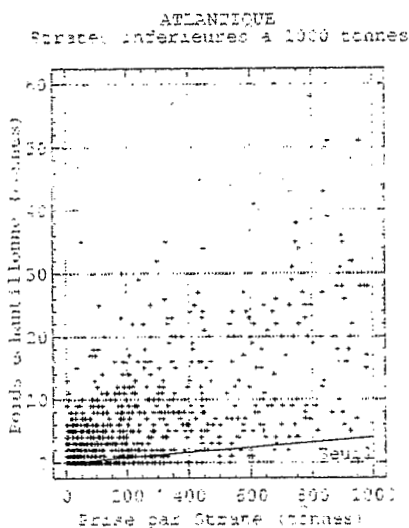
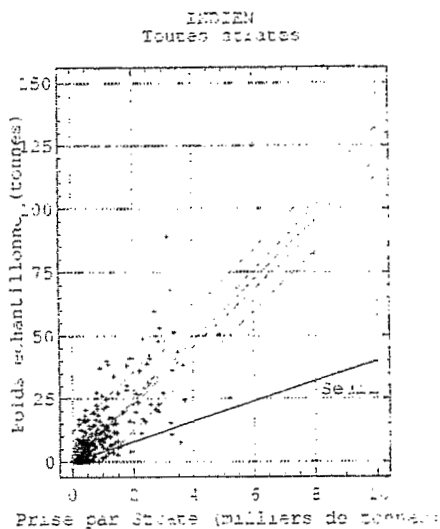
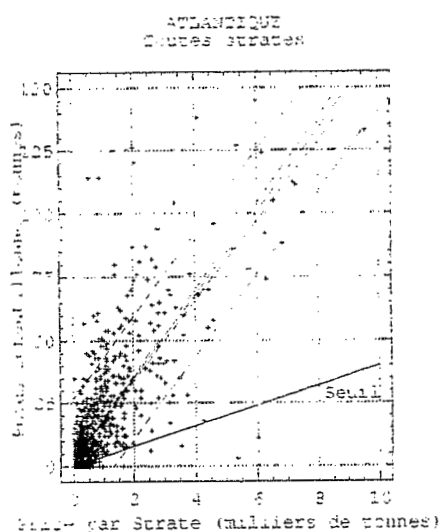


Figure 2 : Comparaison des niveaux d'échantillonnage par strates (mois*carrés 5°), océans Atlantique (1980-88) et Indien (1984-89).

Le choix de la couverture et du taux d'échantillonnage a également été soulevé : en effet, l'extrapolation des échantillonnages peut donner des résultats très différents selon qu'il aura privilégié les prises (échantillonnage "aveugle" proportionnel à la prise) ou la couverture géographique (échantillonnage plus élaboré prenant en compte la répartition spatiale des prises).

Les méthodes utilisées dans les océans Atlantique et Indien diffèrent donc à plusieurs titres : critères de sélection des cuves, procédures d'échantillonnage, niveaux de stratification, De manière générale, une homogénéisation entre elles serait souhaitable pour éviter l'accroissement de ces disparités et le risque potentiel de divergence des méthodologies employées. En conséquence, quatre recommandations ont été faites dans cet ordre d'idée :

Recommandation 8 : la distinction systématique entre les méthodes de pêche (sur épave ou sur banc libre) est à généraliser impérativement dans toutes les extrapolations de composition spécifique comme de taille.

Recommandation 9 : le critère de sélection des cuves (homogénéité dans le temps, l'espace et le type de pêche : épave ou banc libre) tel qu'il est actuellement appliqué aux Seychelles devra être généralisé.

Recommandation 10 : s'il reste à démontrer que la stratégie définie aux Seychelles est théoriquement satisfaisante, la validité de la stratégie d'échantillonnage simultané des tailles et de la composition spécifique utilisée dans l'océan Atlantique doit également être testée.

Recommandation 11 : la comparaison détaillée des méthodes de substitution de strates actuellement utilisées dans les océans Atlantique et Indien (Seychelles) est indispensable afin de choisir et généraliser la plus pertinente. Par ailleurs, le développement d'un outil de décision basé sur les techniques de l'Intelligence Artificielle (système expert) - lequel constituerait un progrès remarquable - devrait être envisagé.

5- THEME 3 : CALCUL DES INDICES

5.1- PUISSANCES DE PECHE ET EFFORTS STANDARDISES

5.1.1- Efforts de pêche nominaux et effectifs

De manière classique, on distingue dans les études de dynamique des populations l'effort nominal - qui peut être, d'une certaine manière, assimilé à l'ensemble des moyens de capture mis en œuvre - de l'effort effectif qui cherche à "quantifier" de manière aussi précise que possible la mortalité par pêche exercée sur le stock (Cf. LAUREC et LE GUEN 3). La première notion permet d'appréhender la "pression globale" exercée sur le stock, alors que la seconde sert à définir et évaluer des indices d'abondance et - par leur intermédiaire - les variations du stock.

Alors que prises et efforts nominaux sont estimés avec une relativement bonne précision à partir des fiches de pêche avant d'être réajustés selon divers critères simples, l'effort effectif reste un paramètre sujet à de nombreuses sources de variations, d'où la nécessité d'identifier les principaux facteurs susceptibles d'être à l'origine de biais : hétérogénéité de la flottille (puissances de pêche et standardisation), comportement des navires (compétition-coopération),

Les différents efforts utilisés ont été présentés; ils s'expriment en temps de mer (durée séparant le départ du retour au port), de pêche (durée pendant laquelle le navire est en état de pêcher, soit le temps de mer diminué des transits et périodes d'immobilisation : mauvais temps, avaries, ...), et enfin surtout de recherche (c.-à-d. le temps de pêche diminué du temps de sennage). Ces durées sont exprimées en heures, le jour de pêche (essentiellement diurne) étant traditionnellement fixé à 12 heures dans l'océan Atlantique; afin d'intégrer le supplément d'activité induit par la pêche sur épaves qui débute en moyenne vers 5 heures du matin (phénomène confirmé par les données provenant des observateurs embarqués), cette durée a été augmentée d'une heure dans l'océan Indien.

Pour estimer le temps de sennage, les équations reliant la durée des coups en fonction du volume de la prise ont été établies dans chaque océan; celles de l'océan Indien différencient les calées sur

3 LAUREC A. et LE GUEN J.-C., 1981. Dynamique des populations marines exploitées - Tome 1 : Concepts et Modèles. *Rap. Sci. Tech. CNEOX*, n° 45, 117p.

épaves de celles sur bancs libres, ces dernières montrant des durées légèrement inférieures à tonnage égal. Les corrections peuvent être effectuées au niveau quotidien ou à celui de la strate spatio-temporelle.

Afin de mieux appréhender l'effort de pêche effectif, une procédure de standardisation est nécessaire pour corriger la disparité des puissances de pêche individuelles des navires liée tant à leurs caractéristiques propres (taille, puissance, vitesse, ...) qu'à leur équipement de pêche (radar à oiseaux, hélicoptère, caractéristiques de la senne, utilisation éventuelle d'épaves artificielles, ...). Son principe de base repose sur une comparaison à l'échelle globale (ensemble de la pêcherie et année) des rendements annuels des différents navires de la flottille, ce qui conduit à calculer pour chacun d'eux un facteur de standardisation qui est le rapport de sa prise par jour de mer moyenne annuelle sur celle d'un ou plusieurs bateaux de référence ("bateaux type") dont les rendements moyens sont considérés comme proches de celui de l'ensemble de la flottille.

5.1.2- Analyse de la variabilité des rendements annuels

5.1.2.1- Contexte général (océans Atlantique et Indien)

Les principaux éléments de comparaison de l'évolution de la pêcherie FIS dans les deux océans sont reportés dans la Figure 3. Dans l'océan Atlantique, elle met clairement en évidence les changements importants tant dans le nombre que dans la composition de la flottille au cours de la décennie 1980-90, essentiellement caractérisés par une diminution considérable de l'effort de pêche à partir de 1984. Ce phénomène ne se retrouve pas dans l'océan Indien, où le nombre moyen de senneurs en activité est resté stable depuis 1986, après une croissance rapide suivi d'un léger reflux. Malgré une évolution constante, les catégories 5 et 6 ont toujours été largement dominantes dans les deux cas, contrairement à ce qui s'est passé pour la flottille espagnole maintenant composée majoritairement de senneurs de catégorie 7.

5.1.2.2- Analyse des rendements totaux

Une analyse statistique fine des principales sources de variabilité des rendements observées au sein de la flottille FIS dans l'océan Atlantique est présentée dans le document GTS/10. Cette étude a été menée à partir des rendements annuels par espèce (albacore, listao, divers et total) de 54 senneurs entre 1979 et 1990, soit 283 "bateaux*années".

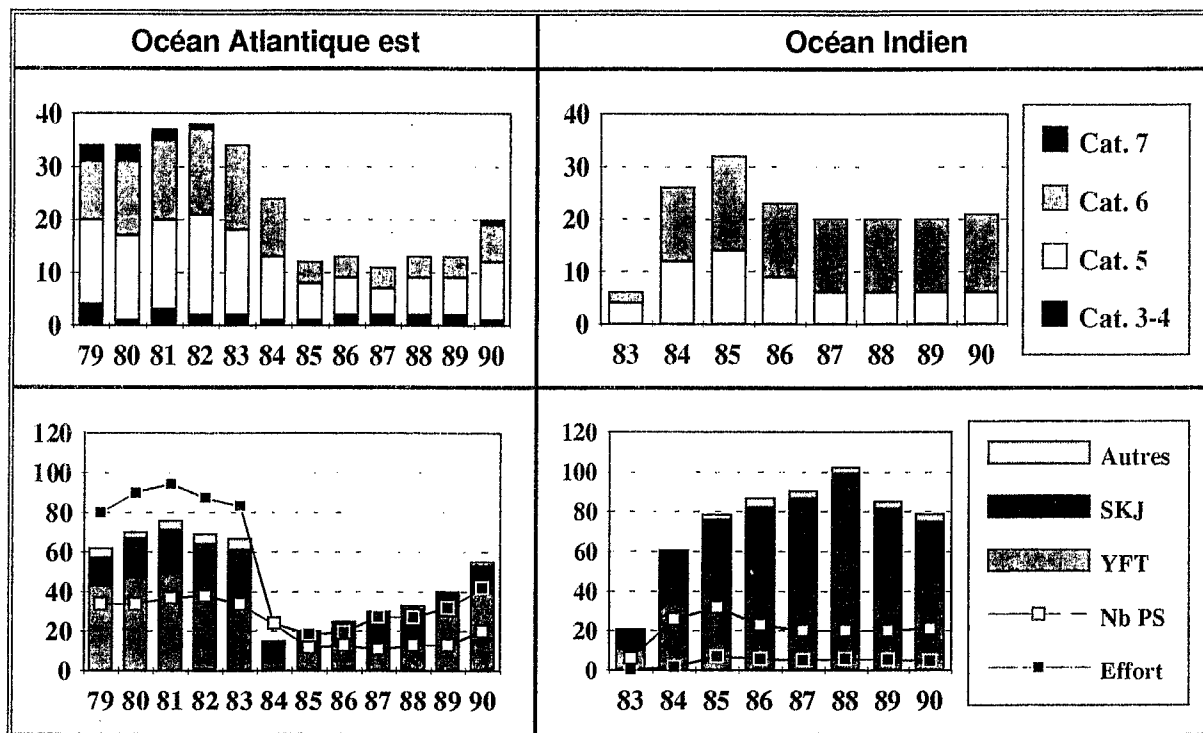


Figure 3 : Evolutions de la flotte FIS dans les océans Atlantique et Indien en terme d'effectif et de composition de la flotte, en haut; d'effort (nombre de senneurs et milliers de jours de mer) et de prises par espèce (milliers de tonnes, en bas).

Tableau 6 : Comparaison des rendements totaux annuels des senneurs de catégories 5 et 6 : océans Atlantique et Indien, 1984 - 1989.

Année	Catégorie 5 (400 tonnes)						Catégorie 6 (600-800 tonnes)					
	Océan Indien			Océan Atlantique			Océan Indien			Océan Atlantique		
	Nb	Rdt	CV	Nb	Rdt	CV	Nb	Rdt	CV	Nb	Rdt	CV
1984	11	10,0	30,4	12	5,2	47,1	17	12,2	22,7	11	13,0	66,4
1985	10	10,0	15,0	7	8,0	37,9	15	11,3	22,4	4	9,3	51,3
1986	8	12,8	17,6	7	9,9	33,7	13	14,7	17,3	4	16,5	19,9
1987	6	16,3	18,1	5	10,1	18,5	14	15,8	16,1	4	11,8	13,1
1988	6	17,5	12,1	7	12,1	19,5	14	19,3	16,4	4	15,7	8,6
1989	6	15,7	14,7	7	11,7	11,9	14	16,4	14,2	4	17,3	9,2
Nb: Nombre; Rdt: Rendement (tonnes/jour de pêche); CV: Coeff. de variation (%)												

Afin d'obtenir des estimations similaires pour la flottille FIS permettant de comparer les deux océans, une analyse complémentaire a été menée dans l'océan Indien pendant le GTS; ses principaux résultats ont été joints au rapport et font l'objet de l'Annexe V.

L'évolution des rendements moyens annuels de la flottille FIS dans les deux océans a également été analysée au cours du GTS; le Tableau 6 et la Figure 4 en reprennent les principaux résultats. La Figure 4 en particulier met bien en évidence l'augmentation relativement régulière des rendements totaux pour toutes les catégories de taille de senneurs dans les deux océans. Néanmoins, le test de comparaison des rendements par catégories de taille (Annexe V) montre des différences significatives entre senneurs moyens et grands senneurs (respectivement catégories 5 et 6) dans l'Atlantique, lesquelles ne se retrouvent pas dans l'océan Indien où les rendements s'avèrent peu différents; ceci pourrait refléter soit un niveau d'exploitation encore relativement faible permettant de bons rendements à des bateaux moyens, soit une composition spécifique des prises différentes. D'une manière générale, les variations des rendements pour des bateaux identiques semblent plus amples dans l'Atlantique (de 0,4 à 1,6) que dans l'océan Indien (0,8 à 1,2).

5.1.2.3- Analyse statistique détaillée

Le GTS/10 analyse également les vecteurs de rendements annuels des 54 senneurs présents dans l'océan Atlantique entre 1979 et 1990 selon plusieurs approches statistiques différentes :

- une analyse de variance, qui met en évidence un effet "année" très marqué dans tous les cas, un effet "catégorie" sur les prises totales et d'albacore (mais pas pour le listao) ainsi qu'une dichotomie prononcée entre le début et la fin de la période d'étude;
- une analyse en composantes principales des rendements annuels par espèce, pour préciser les principales sources de discontinuité et tenter de les expliquer en fonction de variables supplémentaires (catégorie, année, pays, ...);
- enfin une analyse typologique destinée à séparer les senneurs en groupes relativement homogènes au niveau de leurs rendements, cette analyse ayant ensuite été affinée en séparant les périodes initiale (1979-83) et récente (1984-90) de la pêche.

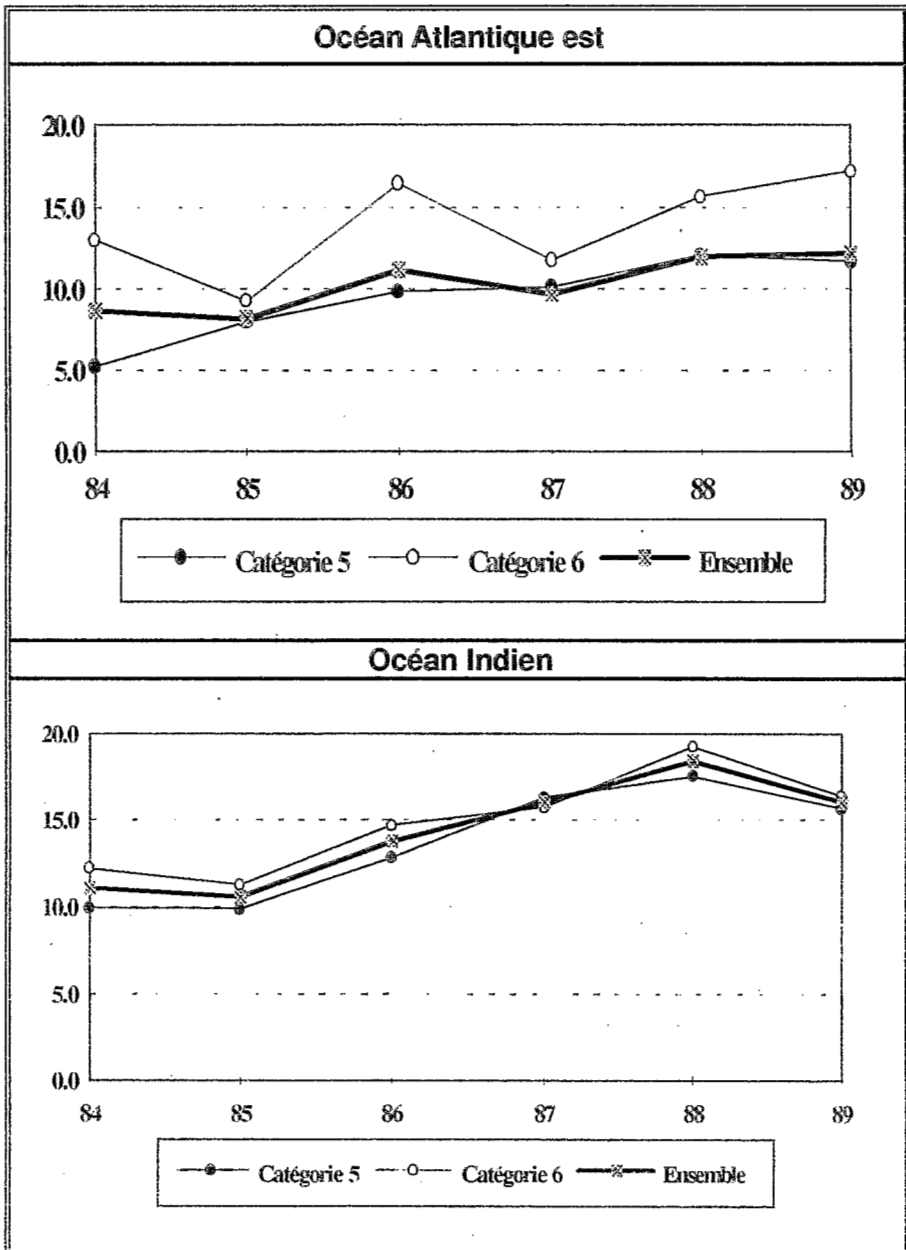


Figure 4 : Evolution des rendements annuels (en tonnes par jour de pêche) des senneurs FIS de catégories 5 et 6, océans Atlantique et Indien, 1984 - 1989.

Cette analyse descriptive fine des puissances de pêche des senneurs FIS dans l'Atlantique met en évidence une différence marquée entre deux contextes très différents, distinguant une période ancienne (1979-1983, caractérisée par des rendements faibles et une diversité spécifique importante de la capture) d'une période récente (1988-1990, caractérisée par des rendements élevés et des prises essentiellement dirigées sur l'albacore) séparées par une période transitoire (1984-1987) sans caractéristiques propres. L'adjonction au modèle de variables supplémentaires a permis d'identifier un effet pays (Sénégal - France) ainsi qu'un effet catégorie (entre 5 et 6) marqués.

Bien qu'une analyse statistique semblable des thoniers de l'océan Indien ait été partiellement amorcée au cours du GTS (Cf. Annexe V), on a jugé qu'elle devrait être reprise de manière aussi exhaustive que celle menée dans l'océan Atlantique; une étude similaire pour les senneurs espagnols serait également nécessaire.

Recommandation 12 : étendre l'analyse statistique détaillée (en particulier la classification typologique) de la variabilité des rendements des senneurs français à l'océan Indien pour comparaison avec celle faite dans l'Atlantique; une étude semblable sur les senneurs espagnols dans les océans Atlantique et Indien serait également très utile.

5.1.3- Recherche du "bateau type"

Afin de mieux cerner les problèmes liés à l'évolution des puissances de pêche, l'étude a été poursuivie - de manière détaillée (GTS/10) dans le cas de l'océan Atlantique, plus succinctement (Annexe V) pour l'océan Indien - dans le but de définir un "bateau type" pouvant servir d'"étalon" pour la standardisation des efforts de pêche effectifs de la flottille.

Pour cela, les profils de rendements annuels des thoniers FIS dans l'océan Atlantique présents au moins pendant la moitié des périodes considérées (35 pour 79-83, 14 pour 84-90) - auxquels ont été ajoutés les deux bateaux "fictifs" moyen et médian de la catégorie 5 - ont été comparés entre eux à partir d'une analyse typologique (classification de Ward). On retrouve dans les deux cas une forte corrélation des rendements individuels d'une année sur l'autre, les navires se répartissant en trois groupes bien identifiés selon leurs

rendements : une classe de rendements "moyens", encadrée par deux classes de rendements "faibles" et "élevés". L'effet de catégorie est peu net (sinon une opposition marquée entre les catégories 4 et 6) pour la période 79-83, beaucoup plus fort pour la période 84-90. Dans les deux cas, le bateau médian se retrouve bien dans le groupe central.

L'analyse semblable menée au cours du GTS sur les 22 senneurs FIS de l'océan Indien pendant la période 1984-89 (Annexe V) n'a pas permis de retrouver cette partition en trois classes observée dans l'océan Atlantique; les navires se répartissent en deux groupes inégaux ayant des rendements supérieurs (5 thoniers) et inférieurs (15 thoniers) à la moyenne, un thonier montrant un comportement "atypique". Un biais pourrait être dû à la prise en compte de l'année 1984 qui se situe encore en phase d'installation de la pêcherie. Ces résultats sont synthétisés par les diagrammes de classification de la Figure 5.

Dans l'ensemble, cette analyse conforte le choix, fait plus ou moins arbitrairement à partir de valeurs moyennes, des "bateaux-type" utilisés dans l'océan Atlantique depuis plusieurs années. La situation est plus confuse dans l'océan Indien, où l'un des trois "bateaux type" retenus est voisin du bateau médian, les deux autres en étant assez éloignés bien que restant dans la même classe. On rappellera la différence des situations entre les océans Atlantique - où la classe moyenne existe et comprend le navire type - et Indien où elle est absente, le bateau médian se retrouvant dans la catégorie des faibles rendements.

5.1.4- Standardisation des efforts de pêche

5.1.4.1- Evolution des puissances de pêche globales

La méthode de standardisation des efforts de pêche suppose implicitement que la puissance de pêche du groupe de référence soit restée stable pendant toute la période étudiée. Cette hypothèse s'avère cependant peu réaliste dans les années récentes, ceci en raison d'importants changements dans les stratégies de pêche des thoniers, de l'introduction de nouveaux moyens de prospection, ainsi que de la modification des appareils de pêche. Le problème majeur devient donc d'évaluer l'impact de cette évolution sur l'efficacité de la recherche, et par conséquent les biais qu'elle induit sur l'estimation des indices d'abondance.

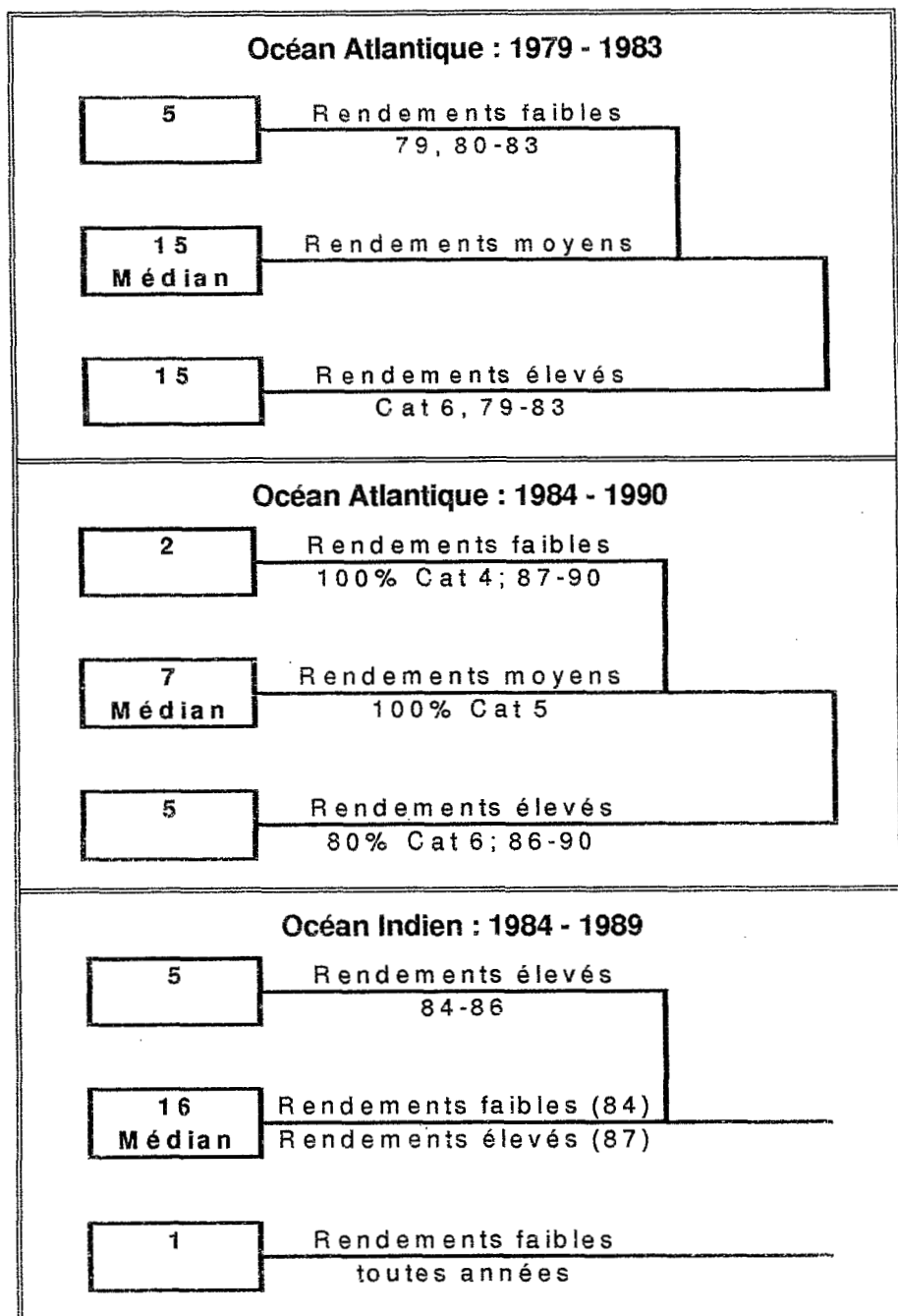


Figure 5 : Résultats synthétiques des analyses typologiques des profils de rendement des thoniers (océans Atlantique et Indien)

Comme le montrait la Figure 4, on assiste depuis plusieurs années à une augmentation régulière des rendements moyens de la flottille dans les deux océans; ce phénomène - ne pouvant être attribué ni à l'augmentation de l'abondance des stocks, ni à l'extension de la zone d'exploitation - provient donc certainement de l'accroissement de la puissance de pêche individuelle des senneurs, difficile à maîtriser à l'aide des méthodes classiques.

Dans ce but, le GTS a tenté de mettre en évidence et de quantifier ce phénomène en suivant l'évolution de la puissance de pêche (estimée à partir de la moyenne des coefficients individuels des bateaux) des flottilles FIS et espagnole dans des strates de pêche spatio-temporelles "classiques" des océans Atlantique et Indien. Les résultats de cette analyse sont reportés dans la Figure 6 :

- dans l'**océan Indien**, l'évolution des puissances de pêche moyennes des senneurs français et espagnols (catégories séparées et regroupées) dans les strates "Somalie, septembre-octobre" et "Est-Seychelles, janvier-février" montre une variabilité relativement faible, sans tendance notable, sauf pour les senneurs espagnols de la catégorie 6 dans la strate "Somalie"; seule l'année 1988 affiche une forte capturabilité dans les deux strates, pouvant probablement s'expliquer par des conditions d'environnement particulièrement favorables.
- dans l'**océan Atlantique**, l'analyse - qui n'a pu être menée que sur les senneurs espagnols - dans la strate "Equateur, 1^{er} trimestre" révèle une situation beaucoup plus complexe, en raison notamment d'une très forte variabilité des catégories 5 et 6; on notera cependant un synchronisme des variations ainsi qu'un accroissement général de la tendance depuis 1984, année charnière dans l'Atlantique comme cela a été montré précédemment.

D'une manière générale, il est cependant difficile dans ce type d'analyse de séparer la variabilité effectivement liée aux changements de l'efficacité des navires de pêche de celle qui résulte naturellement des variations de l'effort; cet aspect sera discuté plus en détail ultérieurement.

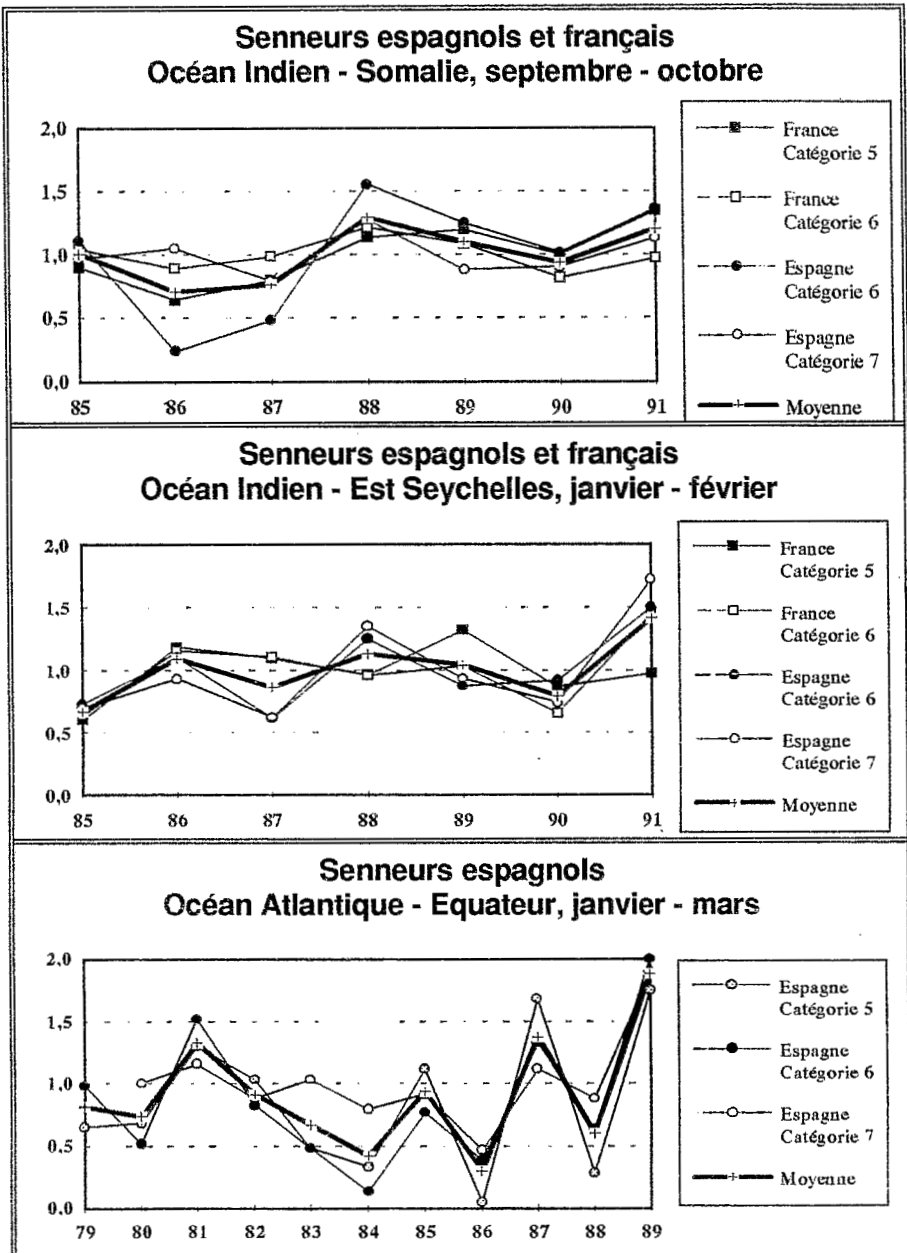


Figure 6 : Evolution des puissances de pêche des senneurs FIS et espagnols dans trois strates spatiotemporelles classiques des océans Atlantique et Indien.

Une approche alternative basée sur l'utilisation d'une analyse des cohortes (VPA) ajustée à partir d'une mesure de l'effort - même non corrigé d'une dérive liée à l'efficacité des flottilles - a été suggérée; cette dérive pourrait être estimée par VPA, un modèle linéaire généralisé (GLM) permettant par la suite de discriminer les variations d'efficacité et de puissance de pêche. Ces variations apparaissent différentes selon l'âge des navires et la flottille.

Enfin, le document GTS/12 s'attache à décrire et quantifier l'efficacité des navires au niveau local en suivant l'évolution des rendements en fonction de l'effort sur une base mensuelle. Cette étude - principalement destinée à expliciter le concept "coopération-compétition", correspondant respectivement à des niveaux d'effort faibles ou élevés - propose l'utilisation d'une relation non linéaire entre la p.u.e. et l'effort afin de prendre en compte ce phénomène. L'examen des variations des p.u.e. par classes d'effort totaux des flottilles selon les strates spatio-temporelles classiques de l'océan Atlantique semble confirmer ce phénomène : les rendements des navires sont plus élevés lorsque les efforts totaux sont moyens que lorsqu'ils sont faibles (effet "coopération" négligeable) ou élevés (effet "compétition" important). L'ajustement du modèle dans les zones étudiées permet bien de retrouver la forme théorique de la relation, bien que d'autres facteurs (épuisement local d'une concentration, dispersion naturelle) puissent se combiner à l'effet compétition. Cette étude mériterait cependant d'être affinée en prenant en compte l'évolution individuelle des puissances de pêche des navires.

5.1.4.2- Evolution des puissances de pêche individuelles

Ce problème délicat a été longuement discuté, en particulier à partir d'une étude extraite de la thèse en cours de finalisation de F. Marsac tentant de quantifier l'impact sur la "capacité de détection" de bancs d'un senneur prospectant avec un radar à oiseaux ou traditionnellement avec des jumelles.

La comparaison par simulation entre les deux méthodes met en évidence l'efficacité très élevée du radar, ainsi que la non-linéarité de cette relation : testée sur trois niveaux, c'est en situation de densité faible - la plus couramment rencontrée en phase de route-recherche - que le rapport d'efficacité se montre le plus élevé (de l'ordre de 1 à 3 pour des densités allant de 0,4 à 3 bancs/1.000 km²). Bien qu'elles ne soient qu'indicatives, ces valeurs - sensibles au rayon de détection maximal du radar - confirment que l'introduction des radars accroît sensiblement l'efficacité des navires qui en

sont équipés. Par ailleurs, la non linéarité de la relation observée implique d'importantes conséquences en terme de dynamique des populations : l'efficacité des navires est susceptible d'augmenter lorsque la biomasse se raréfie, masquant ainsi la diminution des indices d'abondance. Cette étude doit être affinée afin d'en préciser - et si possible quantifier - les conséquences potentielles.

L'accroissement de l'efficacité individuelle des navires est également perceptible au niveau de la durée des coups de filet, qui s'est réduite d'année en année : à titre d'exemple, cette réduction est de l'ordre de 39% entre 1984 et 1990 dans l'océan Indien.

D'une manière générale, il est apparu important aux membres du GTS qu'un suivi régulier de l'évolution technique des navires soit disponible, afin de disposer de l'information indispensable à l'interprétation des variations des puissances de pêche.

Recommandation 13 : établir un répertoire de la flotte française qui recenserait tous les changements techniques effectués sur les navires durant les années récentes (sennes, treuils, radars, équipement électronique, ...) afin de mieux cerner les éléments susceptibles d'expliquer l'accroissement des puissances de pêche individuelle (navires) et globale (flotte); un répertoire similaire sur la flotte espagnole serait également souhaitable.

5.2- INDICES D'ABONDANCE

5.2.1- Méthodologie et nouvelles approches

Les discussions menées sur ce sujet n'apportent aucune solution vraiment satisfaisante. La tendance actuelle s'oriente vers la mise au point de modèles linéaires généralisés (GLM) destinés à expliquer la variabilité des p.u.e. à partir d'un jeu de variables exogènes. Cependant, la stratification adoptée pour ce jeu de variables - qui joue un rôle important - ne repose à l'heure actuelle sur aucune base statistique sérieuse; or la sélection des variables à prendre en compte doit être bien réfléchie : à titre d'exemple, il s'avérerait probablement délicat d'utiliser des indices de prises sous système agrégatif, car elles risquent d'introduire une forte hétérogénéité dans l'estimation d'un indice global.

Le document GTS/12 procède à une approche de modélisation sommaire de la variabilité des captures annuelles en fonction de l'effort de pêche, de la catégorie de navire et de l'année sur la période 1979-1990 dans l'océan Atlantique selon un modèle de régression mixte. Cette nouvelle approche est intéressante, mais devrait être améliorée en prenant mieux en compte les variabilités en terme de composition spécifique des prises ainsi qu'en intégrant les facteurs liés à la variabilité spatiale.

Recommandation 14 : le calcul d'indices d'abondance à partir de modèles linéaires généralisés (indices GLM) requiert une solide analyse statistique de base sur les variables explicatives et les effets confondus; de telles études devraient être développées, ceci ne pouvant se faire qu'en association avec des biostatisticiens.

5.2.2- Effet du type de banc

Dans cet ordre d'idée, la prise en compte des prises et efforts provenant de navires pratiquant de manière majoritaire la pêche sur épaves ou sur DCP (Dispositifs de Concentration de Poisson) pour le calcul des p.u.e. (et donc pour estimer un indice d'abondance représentatif de la biomasse réelle) est jugée comme fortement sujette à caution : on ignore en effet tout de la relation pouvant exister entre la biomasse fixée sous les DCP (que mesurerait cet indice), la biomasse du stock que l'on cherche à estimer et les taux de transfert entre les deux.

Pour progresser vers la compréhension du système "épaves et DCP", il est recommandé de développer des programmes ciblés sur la dynamique du phénomène d'agrégation, comme par exemple des marquages soniques et classiques à petite échelle, ou la modélisation des comportements.

Il a aussi été rappelé que, conceptuellement, il s'avère en général plus intéressant de conduire des analyses à partir d'un sous-échantillon de la flottille fortement représentatif et très bien échantillonné, plutôt que de chercher à exploiter la totalité de l'information disponible, du fait de sa forte hétérogénéité spatio-temporelle.

5.3- STRUCTURE DEMOGRAPHIQUE

L'essentiel des discussions concernant ce chapitre sont rapportées dans les paragraphes 4.3 et 4.4 du thème 2 (Elaboration des données) où elles ont fait l'objet de plusieurs recommandations. C'est le cas en particulier des points 5.3.2 (Variabilité spatio-temporelle) et 5.5.3 (Impact du type de banc).

5.3.1- Analyse critique des méthodes d'estimation des classes d'âge

Deux documents abordent le problème de l'analyse des fréquences de tailles et du passage à l'estimation des distributions démographiques correspondantes.

Le GTS/3 étudie par simulation la validité de deux méthodes utilisées de manière classique : slicing et Battacharya. Il montre que ces deux méthodes engendrent des biais non négligeables, quoique de nature et d'importance différentes :

- En terme de **nombre de cohortes**, si le "slicing" peut entraîner la création de cohortes fictives dans les petites tailles, la méthode de Battacharya, au contraire, peut en faire disparaître une, ou encore en fusionner deux en une seule de taille intermédiaire.
- En terme d'**effectifs des cohortes**, les deux peuvent entraîner la perte ou le gain d'individus, les erreurs étant plus importantes avec le slicing qu'avec la méthode de Battacharya.
- Enfin, la **variabilité du recrutement** peut considérablement augmenter ces erreurs, avec des effets inverses selon les deux méthodes, le slicing étant plus efficace en cas de recrutement constant tandis que l'on observe le contraire avec Battacharya.

Dans l'ensemble, la méthode de Battacharya semble donner de meilleurs résultats que le slicing, plus classiquement utilisé dans le cadre de la pêche thonière; il faut cependant se "méfier" de son côté plus subjectif, le "feeling" de l'utilisateur pouvant fortement influencer les résultats. D'autres méthodes plus modernes (MacDonald et Pitchell, Normsep ou Multifan par exemple) mériteraient d'être testées, même si elles doivent probablement s'avérer d'un emploi plus lourd.

Le GTS/14 - quant-à lui - expose une méthode originale d'ajustement de clés Taille - Age à l'albacore à partir d'un modèle de croissance classique auquel est ajouté une loi de variation des écarts-types par âge. Cette méthode (qui met en oeuvre trois programmes spécifiques) ajuste ensuite une clé particulière pour chaque année sur une base mensuelle, ces clés étant ensuite appliquées pour estimer la structure démographique de la captures par strate spatio-temporelle et par métier.

5.3.2- Prise en compte de la variabilité spatio-temporelle et de l'impact du type de banc

Ces deux points ont été longuement discutés dans le cadre du paragraphe 4.4 auquel on pourra se reporter

Recommandation 15 : de manière à mieux évaluer l'impact des structures spatio-temporelles sur l'échantillonnage des tailles, des simulations sur des populations fictives pourraient être effectuées en considérant plusieurs stratégies d'échantillonnage et en analysant les écarts obtenus.

6- CONCLUSIONS

Depuis une vingtaine d'années, les chercheurs de l'ORSTOM ont mis au point et développé des procédures complexes de recueil et de traitement des statistiques thonières, dans l'océan Atlantique d'abord, puis dans l'océan Indien à partir de 1984. Des procédures identiques ou directement dérivées sont également utilisées par les chercheurs de pays associés (Côte d'Ivoire, Ile Maurice, Sénégal, Seychelles, Vénézuéla) ou non (Espagne, Portugal).

Certaines divergences inévitables ayant été observées entre les différents utilisateurs, les chercheurs de l'UR avaient jugé nécessaire la tenue de ce "Groupe de Travail sur les Statistiques" afin de faire le point de la situation, comparer les différences existant et en analyser les conséquences, enfin de poursuivre la réflexion sur la méthodologie et son évolution. Au delà d'une partielle "remise en ordre", cet exercice avait surtout pour ambition de servir de base de réflexion pour les développements futurs.

Un certain nombre d'éléments définissant les stratégies d'échantillonnage, les méthodes de substitution de strates pour la correction spécifique des prises et l'évaluation de la répartition spatio-temporelle des structures démographiques des captures, les méthodes de calcul des puissances de pêche, des efforts standardisés et des indices d'abondance, devraient faire l'objet d'études statistiques plus poussées, ne serait-ce que pour connaître les limites de leur validité et éventuellement définir des approches plus réalistes.

La réalisation de certaines de ces études se justifie d'autant plus que les méthodes employées dans les deux océans Atlantique est et Indien ouest ne sont pas toujours semblables.

Les modifications et nouveautés technologiques nombreuses et importantes qu'ont connu les senneurs au cours de ces dernières années, ainsi que le développement des pêches sur épaves, ont des répercussions directes sur l'estimation des indices d'abondance, et par conséquence sur le suivi et l'évaluation des stocks.

Il est donc primordial que des efforts de recherche soient consentis à ce niveau, et c'est ce que propose en partie ce document. Dans ce cadre, quinze Recommandations diverses ont été faites au cours du GTS, lesquelles sont récapitulées dans l'Annexe VI.

Annexe I

Ordre du jour de la réunion

POINT 1 - MODALITES PRATIQUES DE LA REUNION

POINT 2 - THEME 1 : RECUEIL DES STATISTIQUES (PAR FLOTTILLES ET OCEANS)

2.1- COLLECTE DES DONNEES

- Méthodes : prises et, efforts, transbordement, mensurations, sondages spécifiques
- Stratégie d'échantillonnage ; taille des échantillons, limites spatio-temporelles des strates

2.2- CODAGE, SAISIE ET VERIFICATIONS DES DONNEES BRUTES

2.3- STRUCTURE DES FICHIERS DES DONNEES BRUTES CORRIGEEES (HARMONISATION)

POINT 3 - THEME 2 : ELABORATION DES DONNEES

3.1- PRISES ET EFFORTS

- Correction des tonnages (transbordements) et de la composition spécifique des prises (sondages spécifiques)
- Extrapolation des prises et des efforts (substitution de strates, type de banc)

3.2- MENSURATIONS : PONDERATION DES ECHANTILLONS DE TAILLES

POINT 4 - THEME 3 : CALCUL DES INDICES ET PARAMETRES

4.1- EFFORT DE PECHE

- Coefficients de puissance de pêche (méthodologie, évolution)
- Efforts standardisés (ou effectifs)

4.2- INDICES D'ABONDANCE

- Méthodologie
- Variabilité spatio-temporelle
- Effet du type de banc

4.3- STRUCTURE DEMOGRAPHIQUE

- Estimation des prises par classes de taille et/ou d'âge (variabilité spatio-temporelle, impact du type de banc, ...)
- Analyse critique des méthodes d'estimation des classes d'âge (slicing, Battacharya, MacDonald et Pitchell, Multifan, ...)

POINT 5 - CONCLUSIONS ET PRINCIPALES RECOMMANDATIONS

Annexe II

Liste des participants à la réunion

ARIZ Javier	I.E.O.-Canarias	Statistiques, Evaluation des stocks
BACH Pascal	ORSTOM-Montpellier	Pêche artisanale Seychelles
BARD François-Xavier	CRO-Abidjan	Biologie, Statistiques, Dynamique des populations
CAYRE Patrice	ORSTOM-Ile Maurice	Projet thonier régional(COI), réseau statistique régional
CHABANNE Jacques	ORSTOM-TOA-Paris	Statistiques, Evaluation des stocks, DCP
CORT Jose Luis	IEO-Santander	Statistiques, Evaluation des stocks
DAGORN Laurent	ORSTOM-Montpellier	Comportement des thons
DELGADO Alicia	I.E.O.-Canarias	Statistiques, Evaluation des stocks
DEWALS Patrice	ORSTOM-Seychelles	Statistiques, Echantillonnage stocks
DIOUF Taïb	ISRA-CRODT	Statistiques, Evaluation des stocks
FERRARIS Jocelyne	ORSTOM-CRODT	Bio-statistique, Halieutique
FONTENEAU Alain	CRODT-Dakar	Dynamique des populations
FONTENEAU Viveca	CRODT-Dakar	Analyse, Informatique
FOUCHER Eric	CRODT-Dakar	Dynamique des flottilles et de la ressource
GAERTNER Daniel	ORSTOM-Vénézuéla	Statistiques, Evaluation des stocks
GASCUEL Didier	ORSTOM-Dakar	Dynamique des populations
GONZALEZ Fernando	I.E.O.-Abidjan	Collecte des données, Statistiques
HALLIER Jean Pierre	ORSTOM-Seychelles	Statistiques, Evaluation des stocks

HERVE Alain	ORSTOM-Abidjan	Collecte des données, Harmonisation des codifications
JOSSE Erwan	ORSTOM-Papeete	Statistiques (palangriers, bonitiers), DCP
LALOE Francis	ORSTOM- Montpellier	Bio-statistiques, Evaluation des stocks
MARSAC Francis	ORSTOM-La Réunion	Evaluation des stocks, Thon-environnement
NORUNGEE Devanand	AFRC-Ile Maurice	Projet thonier régional (COI)
PAGAVINO Mauricio	I.O-Vénézuéla	Statistiques, Evaluation des Stocks
PALLARES Pilar	IEO-Madrid	Evaluation des stocks, Statistiques
PARAJUA Jose Ignacio	IEO-Seychelles	Statistiques, Evaluation des stocks
PIANET Renaud	ORSTOM-Nouméa	Dynamique des populations, Thon-environnement
STRETTA Jean Michel	ORSTOM- Montpellier	Thon environnement

Annexe III

Liste des documents présentés à la réunion

- GTS/1 ANONYME - Chaîne des traitements des statistiques thonières à l'ORSTOM : des données brutes aux fichiers élaborés.
- GTS/2 BARD F.X., HERVE A., GONZALEZ F. - Document préparatoire au groupe de travail sur le thon.
- GTS/3 CAPISANO C. - Validité de deux méthodes d'analyse de fréquence de taille.
- GTS/4 CAYRE P. - Manuel de codage des données de débarquement de la pêche thonière de surface.
- GTS/5 CAYRE P. - Manuel pour le recueil et le codage des données journalières de la pêche thonière de surface.
- GTS/6 CAYRE P. - Note pour le codage des échantillons de taille et d'espèces.
- GTS/7 CAYRE P., MENUET X. - Logiciel et manuel de codage et saisie des données palangrières (tous océans).
- GTS/8 DIOUF T. - Analyse des associations des bancs de thonidés avec des animaux ou divers objets flottants en Atlantique est.
- GTS/9 DIOUF T. - Statistiques thonières à Dakar : nouvelles procédures de traitement des livres de bord.
- GTS/10 FERRARIS J, FONTENEAU V., FONTENEAU A., DIOUF T. - Analyse statistique de la variabilité des senneurs FIS de l'Atlantique est.
- GTS/11 FONTENEAU A. - Les traitements des tailles des albacores capturés dans l'Atlantique est : quelle échelle spatio-temporelle adopter ?
- GTS/12 FOUCHER E. - Efficacité des navires et effort de pêche local dans les pêcheries thonières de l'Atlantique centre-est

- GTS/13 GAERTNER D., CASTILLO C., GUTIERREZ X., SALAZAR H., RODRIGUEZ O., ASTUDILLO L. - Nota sobre los sesgos entre las bitacoras y los muestreos multiespecíficos de la flota atunera venezolana de superficie
- GTS/14 GASCUEL D. - Une méthode d'ajustement des clés taille/age : application à l'albacore.
- GTS/15 HALLIER J.P., MALRIC S., DEWALS P., THOMAS A., LAYANI F. - Manuel complet des travaux effectués aux Seychelles à partir des données thonières.
- GTS/16 PARAJUA J. - Métodos de recolección, almacenamiento, procesado y corrección de los datos de la flota atunera española en el Océano Índico.
- GTS/17 PIANET R. - Description du système statistique du Programme d'Evaluation des Thonidés et Marlins de la Commission du Pacifique Sud.

Annexe IV
Nouvelle codification des systèmes associés
(Mise en application à compter du 1/1/92)

Code	Signification
00	inconnu
10	pêche sur haut-fond (guyot)
11	pêche sur front thermique
12	pêche sur ligne de marée
13	pêche aux accores
14	pêche de nuit
20	épave sans précision
21	épave naturelle (tas de paille, bille de bois ...)
22	épave naturelle balisée
23	épave artificielle (caisse, bouée, cordage ...)
24	épave artificielle balisée
25	épave ancrée (DCP)
26	poisson sous le thonier ou le skiff
27	pêche avec un canneur
28	pêche avec supply ou autre bateau (autre que canneur)
30	oiseaux (sans précision)
31	concentration d'oiseaux
32	détection du banc au sonar
33	détection du banc au sondeur
34	détection du banc par avion
35	détection du banc par hélicoptère
36	détection au radar
37	banc signalé par un autre bateau
38	zone de pêche signalée par système extérieur (carte satellite, centre de "prévision")
40	gleure (sans précision)
41	petits pélagiques (anchois, sardines,)
42	poissons volants
43	crevettes
50	dauphins
51	baleine
52	cachalot
53	globicéphale (poufs)

Nouvelle codification des systèmes associés (suite)

Code	Signification
60	requin-baleine
61	requin
70	poisson (sans précision)
71	espadon
72	marlin
73	voilier
80	tortue
81	charogne

Annexe V

Analyse comparative de la variabilité des rendements des senneurs FIS entre l'océan Indien et l'océan Atlantique est

Au cours du groupe de travail "statistique-thon" qui s'est tenu à Paris du 1er au 5 juillet, la démarche proposée dans ce document a été appliquée aux données de l'océan Indien, soit :

1. Comparaison des statistiques descriptives des coefficients " rf " (raising factor) calculés à partir des marées des bateaux de l'océan Indien et de l'Atlantique est en 1990;
2. Comparaison des rendements totaux entre 1984 et 1989 des bateaux de catégorie 5 et 6, et étude de l'effet catégorie;
3. Recherche du bateau-type de l'océan Indien : analyse des distances entre les profils de rendements totaux des bateaux suivis entre 1984 et 1989 par analyse en composantes principales.

RESULTATS

1- COMPARAISON DES COEFFICIENTS RF

Le tableau 1 indique les statistiques descriptives calculées sur les coefficients " rf " des 146 marées de 21 bateaux de l'océan Indien et des 385 marées de 44 bateaux de l'atlantique est (senneurs FIS).

Tableau 1 : Comparaison des coefficients "rf" calculés sur les bateaux des océans Indien et Atlantique est en 1990

Paramètres	Océan Indien	Atlantique est
Minimum	0,82	0,09
Q1 (25%)	1,01	1,03
Médiane (50%)	1,06	1,05
Q3 (75%)	1,10	1,12
Maximum	1,90	2,58
Moyenne	1,07	1,05
Ecart-type	0,11	0,20
Effectif n	146	385

En raison du nombre plus faible de marées dans l'océan Indien, on constate une moins grande variabilité des valeurs (écart-type et intervalle de variation (min et max) plus faibles). Cependant les valeurs de médiane et moyenne sont du même ordre de grandeur, soit un r_f proche de 1,05, indiquant une sous-estimation des quantités de 5%. Les valeurs des deuxième et troisième quartiles sont équivalentes : 25% des r_f sont supérieurs à 1,01 pour l'océan Indien et 1,03 pour l'Atlantique-est (Q1); 75% des r_f sont inférieurs à 1,10 pour l'océan Indien et 1,12 pour l'Atlantique-est (Q3). Il existe donc une ressemblance entre les deux océans qui pourrait être avantageusement illustrée à l'aide des diagrammes "box-plot ou boîte à moustache".

La comparaison donne donc des résultats équivalents entre les deux océans. L'effet bateau est sans doute significatif également chez les bateaux de l'océan Indien, ainsi qu'un effet "capitaine" qu'il serait intéressant de tester.

2- COMPARAISON DES RENDEMENTS TOTAUX PAR CATEGORIES

Le tableau 2 indique les résultats obtenus dans la comparaison des rendements totaux des bateaux de catégories 5 et 6 pour les deux océans.

On constate des rendements plus élevés dans l'océan Indien pour les catégories 5, alors que cette différence n'est pas nette pour les catégories 6.

Le test de comparaison de moyenne (Tableau 3) appliqué pour comparer les catégories 5 et 6 pour chacun des océans, révèle qu'il n'y a pas de différences significatives entre les deux catégories, quelque soit l'année, dans l'océan Indien, contrairement à l'Atlantique-est où la différence est significative certaines années. Ceci est donc à relier avec les caractéristiques biologiques des deux océans : disponibilités de la ressource, composition spécifique des prises etc.

3- ANALYSE TYPOLOGIQUE

L'étude des profils de rendements totaux des bateaux de l'océan Indien entre 1984 et 1989, ne permet pas de retrouver une partition en trois classes (Figure 1) comme ceci avait été observé en Atlantique est, soit une classe "moyenne" dans laquelle se trouvait le bateau médian et deux classes de profils inférieurs ou supérieurs à la moyenne.

Tableau 2 : Comparaison des rendements totaux des bateaux de catégories 5 et 6 : océans Indien et Atlantique est, 1984 - 1986

CATEGORIE 5						
Année	Océan Indien			Océan Atlantique est		
	n	Moyenne	CV%	n	Moyenne	CV%
1984	11	99,5	30,4	12	52,2	47,1
1985	10	98,9	15,0	7	80,0	37,9
1986	8	128,1	17,6	7	98,6	33,7
1987	6	162,8	18,1	5	101,3	18,5
1988	6	175,3	12,1	7	120,9	19,5
1989	6	156,8	14,7	7	117,1	11,9
CATEGORIE 6						
Année	Océan Indien			Océan Atlantique est		
	n	Moyenne	CV%	n	Moyenne	CV%
1984	17	122,0	22,7	11	130,0	66,4
1985	15	112,6	22,4	4	92,9	51,3
1986	13	146,9	17,3	4	164,6	19,9
1987	14	157,5	16,1	4	117,8	13,1
1988	14	192,6	16,4	4	156,7	8,6
1989	14	163,7	14,2	4	172,3	9,2

Tableau 3 : Test de comparaison de moyennes entre les catégories 5 et 6 (probabilité<0,001*, probabilité <0,01**, probabilité<0,05*)**

Année	Océan Indien	Océan Atlantique est
1984	0,0615	0,014 *
1985	0,1004	0,649
1986	0,096	0,017 *
1987	0,709	0,190
1988	0,175	0,001 ***
1989	0,556	0,060

Le bateau 228 présente un profil extrême : sa position sur le plan factoriel des composantes principales (Figures 2 et 3) indique de faibles rendements, quelque soit l'année, par rapport aux autres bateaux. La caractérisation des bateaux par leur catégorie montre que la majorité des bateaux de catégorie 5 se trouvent dans la partie positive de l'axe 1, qui est un axe de taille : comme pour les analyses de l'Atlantique-est, on observe en effet que toutes les variables sont corrélées négativement avec l'axe 1. La partie négative de cet axe est donc associée à de forts rendements; ce qui indique une certaine cohérence dans le comportement des bateaux. Cet axe sépare donc des bateaux à profil de rendements inférieurs par rapport à la moyenne de ceux à profil de rendements supérieurs à la moyenne.

CONCLUSIONS

L'analyse de la variabilité des données à l'aide des méthodes de statistique descriptive, qu'elles soient uni ou multivariées, a permis de mieux appréhender la structure des données et de "sentir" la variabilité du nuage de points étudié. Cette phase de description des données est nécessaire avant toute analyse subséquente : elle permet de "faire connaissance" avec les données et d'orienter la démarche d'analyse. Ainsi, les méthodes d'analyse multidimensionnelle (ou méthode d'Analyse de Données) permettent de modifier profondément les premières phases du traitement des données en révolutionnant l'enchaînement des tâches de définissant une méthodologie et des concepts nouveaux. L'exploration de la structure des données par des outils de visualisation (plans factoriel) et des typologie (classification) évite de choisir aveuglément des modèles en fonction des hypothèses de base et permet souvent de critiquer ces hypothèses et d'en suggérer d'autres. L'analyse des associations statistiques en terme géométrique (calcul de distances) à partir de représentations graphiques suggestives, permet de jeter un regard "macroscopique" sur les données et de révéler les discontinuités et sources de variabilité au sein des individus étudiés (Lebart, 1988) ¹

¹ Lebart L., 1988. L'analyse des correspondances et le traitement des données d'enquête. Actes de l'école d'été sur l'analyse des données, juin 1988. SCAD-CIRADE, Université du Québec à Montréal. Montréal, Québec.

No	Rdt	Bateau
1	1.88	195
2	3.92	324
3	9.25	274
4	1.73	327
5	20.81	334
6	1.87	328
7	0.85	306
8	4.63	275
9	0.89	305
10	2.54	296
11	0.33	326
12	9.58	430
13	2.50	258
14	0.70	259
15	6.04	218
16	2.08	325
17	4.27	235
18	0.59	MED
19	1.82	240
20	0.74	345
21	22.97	239
22	----	228

Caractérisation par les continues des classes ou modalités de coupure 'a' de l'arbre en 3 classes					
Variables caractéristiques Num.Libelle	IDEN	Moyenne Classe Total	Ecart type Classe Total	V.test	Proba
Classe 1 / 3		(Poids = 5.00 Effectif = 5)			
1.RD84 Rendement en 84	RD84	15.912 11.925	2.242 2.823	3.51	.000
6.RD86	RD86	16.860 14.070	2.294 2.474	2.80	.003
Classe 2 / 3		(Poids = 16.00 Effectif = 16)			
7.RD87	RD87	16.566 15.592	2.422 2.865	2.54	.005
4.RD84 Rendement en 84	RD84	10.994 11.925	1.405 2.823	-2.47	.007

Figure 1 : Analyse typologique des profils de rendements totaux des 22 bateaux de l'océan Indien, période 1984 - 1989.

84-89 ACP 2 : plan des rendements annuels

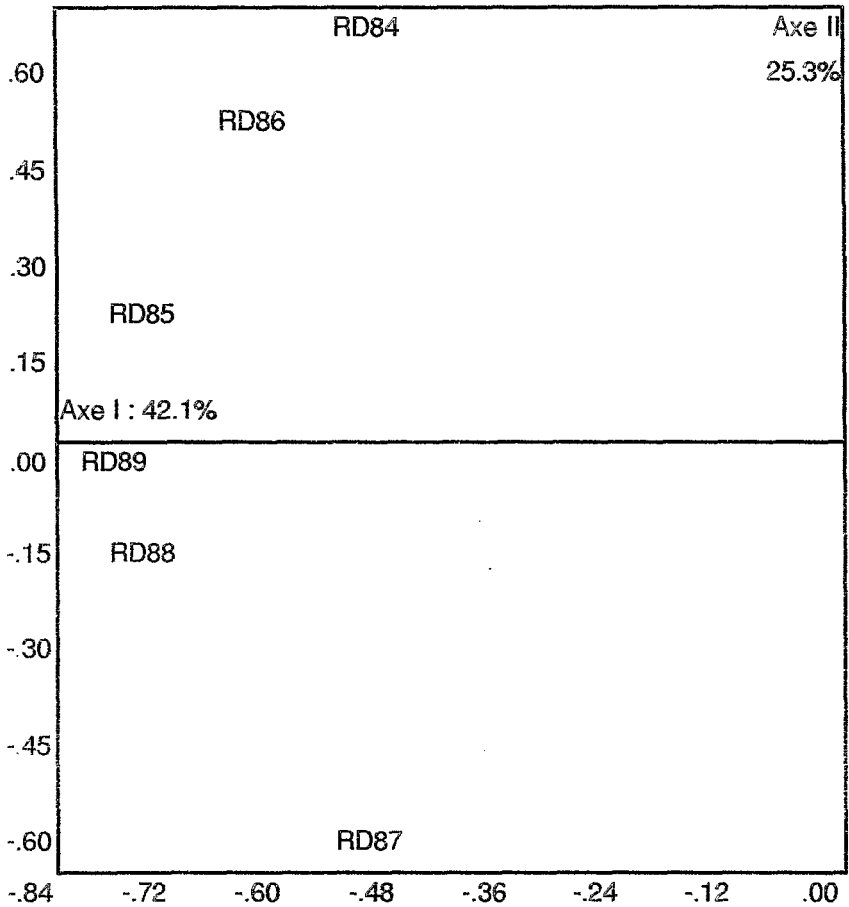
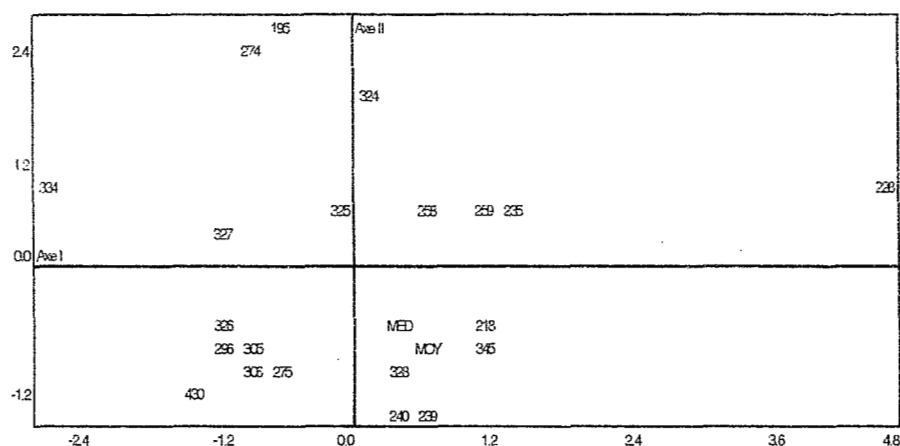


Figure 2 : Analyse en composantes principales des profils de rendements totaux des 22 bateaux de l'océan Indien de 1984 à 1989 - Plan des variables.

1984-89, ACP2 : distance entre les profils des bateaux



1984-89, ACP2 : identification des bateaux par leur classe de taille

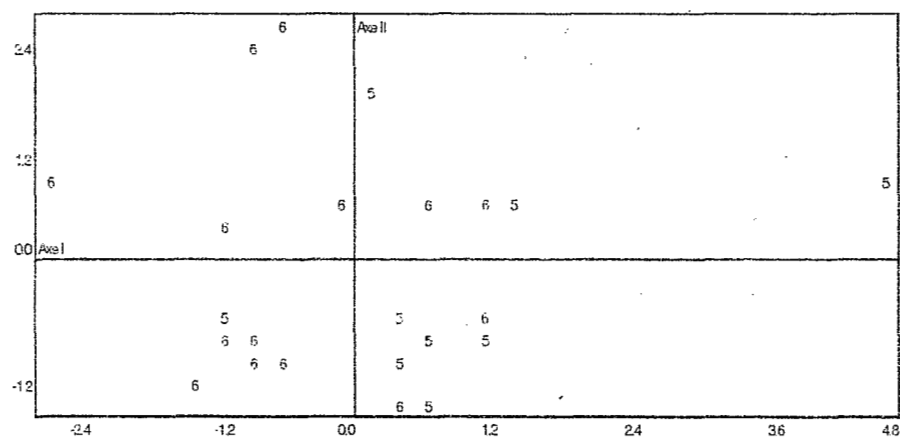


Figure 3 : Analyse en composantes principales des profils de rendements totaux des 22 bateaux de l'océan Indien de 1984 à 1989 - Plan des individus.

Annexe VI Relevé des Recommandations

THEME 1 : RECUEIL DES STATISTIQUES

3.1- COLLECTE DES DONNEES

Recommandation 1 :

Etudier la relation statistique entre jauge brute et capacité de transport, afin de déterminer des catégories de bateaux plus cohérentes, et éventuellement de modifier certaines catégories dans le fichier de base.

Recommandation 2 :

A défaut de la mise en place d'un modèle standard commun, il faudra veiller à ce que les renseignements essentiels demandés soient identiques sur les différents types de fiches de pêche.

Recommandation 3 :

Dès 1992, les longueurs prédorsales (LD1) des albacores et patudos seront mesurées au demi centimètre près par défaut pour toutes les classes de taille.

Recommandation 4 :

Partout où cela sera possible, la méthode d'échantillonnage séparant composition spécifique et composition de tailles telle qu'elle est pratiquée aux Seychelles sera mise en oeuvre.

3.2- CODAGE ET SAISIE DES DONNEES BRUTES

Recommandation 5 :

La nouvelle grille de codification des "systèmes associés" aux thons sur deux digit figurant en Annexe IV du rapport est adoptée et sera généralisée à compter du 1er janvier 1992. Dans les océans Atlantique et Indien, le champ "apparence" sur un digit actuellement utilisé sera maintenu avec la nouvelle codification.

THEME 2 : ELABORATION DES DONNEES

4.2- CORRECTION DE LA COMPOSITION SPECIFIQUE DES PRISES

Recommandation 6 :

Tant dans l'océan Atlantique que dans l'océan Indien, il est nécessaire de tester les biais pouvant provenir des catégories de tailles telles qu'elles sont déclarées par les patrons, en étudiant marée par marée :

- la concordance entre les prises obtenues à partir des données de catégories de tailles commerciales du fichier débarquement et celles des estimations par les patrons des captures par taille dans les fiches de pêche;
- la concordance entre les captures par catégorie de tailles déclarées dans les fiches de pêche avec la proportion de ces catégories dans les échantillons effectués;
- les biais relatifs aux estimations des catégories commerciales par les capitaines à partir d'échantillonnages réalisés sur des cuves contenant des calées uniques.

4.3- ESTIMATION DE LA STRUCTURE DEMOGRAPHIQUE DES PRISES

Recommandation 7 :

Une étude fine (par échantillonnages multiples) des grosses calées de poisson mélangé réparties dans plusieurs cuves devra être réalisée afin de vérifier dans quelle mesure une seule cuve est bien représentative de toute la calée.

4.4- DISCUSSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

Recommandation 8 :

La distinction systématique entre les méthodes de pêche (sur épave ou sur banc libre) est à généraliser impérativement dans toutes les extrapolations de composition spécifique comme de taille.

Recommandation 9 :

Le critère de sélection des cuves (homogénéité dans le temps, l'espace et le type de pêche : épave ou banc libre) tel qu'il est actuellement appliqué aux Seychelles devra être généralisé.

Recommandation 10 :

S'il reste à démontrer que la stratégie définie aux Seychelles est satisfaisante sur un plan théorique, la validité de la stratégie d'échantillonnage simultané des tailles et de la composition spécifique utilisée dans l'océan Atlantique devra également être testée.

Recommandation 11 :

La comparaison détaillée des méthodes de substitution de strates actuellement utilisées dans les océans Atlantique et Indien (Seychelles) est indispensable afin de choisir et généraliser la plus pertinente. Par ailleurs, le développement d'un outil de décision basé sur les techniques de l'Intelligence Artificielle (système expert) - lequel constituerait un progrès remarquable - devrait être envisagé.

THEME 3 : CALCUL DES INDICES

5.1- EFFORTS DE PECHE NOMINAUX ET EFFECTIFS

Recommandation 12 :

Etendre l'analyse statistique détaillée (en particulier la classification typologique) de la variabilité des rendements des senneurs français à l'océan Indien pour comparaison avec celle faite dans l'Atlantique; une étude semblable sur les senneurs espagnols dans les océans Atlantique et Indien serait également très utile.

Recommandation 13 :

Etablir un répertoire de la flottille française qui recenserait tous les changements techniques effectués sur les navires durant les années récentes (sennes, treuils, radars, équipement électronique, ...) afin de mieux cerner les éléments susceptibles d'expliquer l'accroissement des puissances de pêche individuelle (navires) et globale (flottille); un répertoire similaire sur la flottille espagnole serait également souhaitable.

5.2- INDICES D'ABONDANCE

Recommandation 14 :

Le calcul d'indices d'abondance à partir de modèles linéaires généralisés (indices GLM) requiert une solide analyse statistique de base sur les variables explicatives et les effets confondus; de telles études devraient être développées, ceci ne pouvant se faire qu'en association avec des biostatisticiens.

5.3- STRUCTURE DEMOGRAPHIQUE

Recommandation 15 :

De manière à mieux évaluer l'impact des structures spatio-temporelles sur l'échantillonnage des tailles, des simulations sur des populations fictives pourraient être effectuées en considérant plusieurs stratégies d'échantillonnage et en analysant les écarts obtenus.

ORSTOM Éditions
213, rue La Fayette
F-75480 Paris Cedex 10
Diffusion
72, route d'Aulnay
F-93143 Bondy Cedex
ISSN : 0767-2896
ISBN : 2-7099-1244-9



*Photo de couverture :
Échantillonnage de taille sur un sennear
au port de Victoria (Seychelles)*

Cliché : Renaud Pianet