

THONS ET ENVIRONNEMENT

Paris du 12 au 15 septembre 1988

Editions de l'ORSTOM

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

Collection COLLOQUES et SÉMINAIRES

PARIS 1989

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 ayants cause, est illicite» (alinéa 1er 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.

ISSN : 0767-2896
ISBN : 2-7099-0976-6

© ORSTOM 1989

REMERCIEMENTS

Ce rapport a été aimablement et efficacement traduit par les secrétaires de l'ICCAT, Mme Mariana de Bobadilla et Mme Glenda Stevens. L'Orstom tient à remercier vivement ces deux personnes et le secrétaire exécutif de l'ICCAT.

SOMMAIRE

	Pages
Rapport du Groupe de Travail	1
Report of the working group	29
Informe del grupo de trabajo	55

COMPTE RENDU DU GROUPE DE TRAVAIL ORSTOM "THONS et ENVIRONNEMENT"

Paris du 12 au 15 Septembre 1988

1 - INTRODUCTION: OBJECTIFS ET TENUE DE LA REUNION.

L'objectif du groupe de travail était de réunir des spécialistes de diverses disciplines et organismes menant des recherches dans le domaine des thons ou de l'environnement afin de réaliser un bilan critique des recherches passées et de discuter des perspectives de développement de celles-ci dans le domaine "thon et environnement"

Vingt-quatre chercheurs (liste donnée en annexe 1) ont participé à cette réunion.

Seize de ceux-ci appartenaient à l'ORSTOM, huit autres appartenaient à divers organismes de recherche français et étrangers.

Ce groupe était délibérément pluridis-ciplinaire: biologistes des pêches et dynamiciens des populations, océanographes physiciens, productivistes, spécialistes de la télédétection.

Le présent document a pour objectif de faire un bilan synthétique et résumé des documents présentés et des discussions qu'ils ont suscité. La réunion a été présidée par A.Fonteneau qui a coordonné la rédaction de ce rapport, rédigé par Mrs Cayré, Pianet, Morlière et Stretta. La liste des documents présentés au groupe de travail est donnée à l'annexe 2. Ces documents sont disponibles sur demande adressée aux auteurs.

2 - INTRODUCTION AU PROBLEME "ENVIRONNEMENT ET THONS"

Fonteneau présente en matière d'introduction un article destiné à la réunion du comité scientifique de l'ICCAT en novembre 1988, "Environnement et thons tropicaux de l'Atlantique, introduction au problème"

Cette présentation tente de faire un bilan des diverses modalités d'action de l'environnement sur les stocks de thons, (leur distribution, leur dynamique) ainsi que sur les pêcheries, de surface et de profondeur, qui exploitent ces espèces.

Il est de plus en plus clair, d'après cette étude en particulier, que l'environnement et sa variabilité, à toutes les échelles géographiques et temporelles, constitue un facteur important dans la dynamique des stocks de thons et de leur exploitation qu'on ne peut plus négliger comme par le passé dans la modélisation et la gestion rationnelle de ces ressources. Un bon exemple de cette nécessité est montré par la forte chute des rendements en gros albacores qui a été observée fin 1983 et en 1984

dans le Golfe de Guinée. Cette forte baisse avait été alors interprétée comme étant due au très bas niveau du stock adulte. Les études plus récentes et la rapide récupération du stock suggèrent que la chute des rendements était probablement la conséquence de la thermo-cline anormalement profonde qui a alors réduit dans ce secteur la capturabilité des thons pour les senneurs.

Les recherches sur les relations thon environnement peuvent donc avoir de multiples objectifs: permettre une meilleure compréhension biologique des espèces, un meilleur suivi de l'évaluation et de l'aménagement des stocks, ainsi qu'une exploitation plus efficace, basée sur une parfaite connaissance de l'environnement et de ses effets sur la distribution des ressources. Tous ces aspects des recherches, font l'objet des discussions du groupe de travail.

Toujours dans le cadre de cette introduction au problème des relations thons et environnement, P.KLEIBER a présenté un bilan des recherches américaines passées et futures dans ce domaine. Ces recherches sont principalement centrées sur les effets à court terme de l'environnement i.e visant à déterminer comment l'environnement conditionne les activités des pêcheries au jour le jour. Ces recherches ont pour objectif d'aider les pêcheurs à réduire leurs temps de prospection. Les principaux stocks couverts aux USA par ces recherches sont le germon du Nord Pacifique et celui du Sud Pacifique, le listao d'Hawaï et les thons du Pacifique Est.

Une mention particulière doit être donnée aux recherches d'Hawaï, laboratoire qui dispose de bassins qui ont permis de multiples et uniques expérimentations sur la physiologie des thons, facteur essentiel pour appréhender les mécanismes d'action de l'environnement sur les thons.

Les recherches américaines dans ce domaine devraient se développer et couvrir les effets à moyen et long terme de l'environnement sur les thons, en particulier via le recrutement et les modifications à grande échelle du climat.

3 - PRODUCTIVITE DES EAUX OCEANIKES ET THONS

Les débats concernant ce point de l'ordre du jour ont tout d'abord été animés par la communication de Ph. HISARD. Il apparaît ainsi qu'une trop grande attention portée sur des phénomènes océanographiques tels que "El Nino" pourrait masquer l'existence de tendances climatiques à grande période (périodicité de basse fréquence : 10 ans et plus). L'existence de périodes froides avec vents forts et upwellings intenses, ou au contraire de périodes chaudes, semble incontestable, selon REBERT, d'après les résultats de plusieurs travaux portant sur les vents (SERVAIN), la salinité (DESSIER). Il y aurait aussi une oscillation plus ou moins périodique de tendances "chaudes" ou "froides", qui intéresse les trois océans, étant donné l'aspect ondulatoire de la transmission des si-

gnaux climatiques. Ces tendances semblent influencer sur les populations d'animaux vivants (augmentation de la productivité des eaux autour d'Hawaii depuis 10 ans), leur répartition (la disparition du thon rouge dans la mer du nord depuis 1950 pourrait en être une illustration) et leur capturabilité. Il semble cependant très difficile de préciser, dans le temps et quantitativement, ces oscillations, étant donnée la très grande variabilité introduite par les méthodes et les conditions de mesures des différents paramètres océanographiques et climatiques dont la précision est parfois douteuse.

L'exposé de L. LEMASSON, souligne en préambule le caractère archaïque des recherches visant à corrélérer l'abondance des thons avec la température de surface, ainsi que l'extrême difficulté d'établir des relations entre la présence de thons et une source quelconque de nourriture. Une trop grande focalisation des recherches sur les zones bien connues à forte production primaire ne prend pas en compte le fait que les thonidés ont un habitat très étendu qui les amène de manière encore inexplicquée à fréquenter des zones oligotrophes (injustement qualifiées de pauvres) qui représentent en surface la plus grande partie de cet habitat. LEMASSON fait observer que ces zones méso et oligotrophes sont en fait le siège de phénomènes d'enrichissement où la production nouvelle est importante; ces processus d'enrichissement engendrés par le vent à une petite échelle espace-temps (micro-upwellings) très variables, donneraient à ces vastes zones un aspect de "peau de panthère", dont il faudrait pouvoir quantifier l'importance de la production nouvelle. L'ultime but de ce type de travail serait alors de prédire l'apparition de ces micro-systèmes, d'en comprendre la dynamique d'ensemble, et d'en apprécier les relations avec les thons et la pêche. Selon MORLIERE et REBERT il ne semble guère envisageable de modéliser globalement ces micro-événements. Différents commentaires et questions ont été formulés après cet exposé. Se pose en particulier la question de l'existence d'indices attestant de la réalité, à l'échelle de l'océan, de cette structure en "peau de panthère". Il demeure difficile à l'heure actuelle de répondre à cette question; il a toutefois été noté que dans l'ensemble les zones de concentration de thonidés se reproduisent de manière plus ou moins constante d'une année à l'autre. L'hypothèse selon laquelle les thons seraient capables de détecter les "anomalies" et de se déplacer d'une anomalie à l'autre a été évoquée. La nature des chaînes alimentaires (courtes en zone d'upwelling) et leur relation avec la présence de thons a été longuement débattue, sans qu'une explication claire en ressorte. Le sujet est encore peu exploré et a priori extrêmement complexe.

Dans son exposé, "Oligotrophie et eutrophie : relations de cause à effet" HERBLAND fait d'abord un historique des connaissances sur les systèmes de production en milieu océanique. Il rappelle notamment que

dès 1970 on a noté l'existence d'un maximum de chlorophylle au niveau de la nitracline et de la thermocline (bien qu'un décalage important entre ces 2 structures soit souvent observé). Cette chlorophylle correspond à du phytoplancton vivant à des profondeurs de 50-100m où le niveau d'éclairement est faible (3% de celui de la surface). On peut ainsi avoir des eaux bleues en surface et un maximum de production nouvelle en profondeur, au niveau de la nitracline où a lieu le maximum d'assimilation des nitrates. Ce schéma conduit à postuler l'existence d'une relation directe entre la production totale et la profondeur de la nitracline; le fait que ce schéma ne se base que sur les nitrates en limite la portée. Les méthodes d'échantillonnage utilisées font parfois manquer la détection de phénomènes transitoires (bouffées soudaines de nitrates en zones oligotrophes), et les techniques de dosage (technicon et C14), essentiellement utilisées jusqu'à une époque très récente, semblent sujettes à caution. Ainsi, il semble qu'en zone oligotrophe le taux de croissance et la production nette ne seraient pas aussi faibles qu'on le pensait encore récemment. L'existence de nano-phytoplancton (<1micron) dans les eaux oligotrophes, et son abondance croissante avec la profondeur de la nitracline, ont été mises en évidence. Il apparaît ainsi que même dans des eaux pauvres en sels nutritifs, on peut avoir une production importante et que notamment en zone oligotrophe, la production nouvelle serait beaucoup plus importante que ce que l'on pensait. Des différences fondamentales existent aussi dans les chaînes alimentaires (longueur de la chaîne, durée du cycle, taille des organismes) des zones oligotrophes et eutrophes.

Après cet exposé, le débat a porté sur l'absence quasi totale de connaissance des liens existants, entre la présence de thons, leur nourriture et la production planctonique.

C.LEROY (IFREMER) présente ensuite les résultats d'analyses portant sur les relations entre les migrations du germon, sa pêche et la vitesse du vent dans l'Atlantique nord-est. Il apparaît qu'une chute des captures est classiquement observée avec un délai de 10 à 20 jours après une chute de vent. Cependant ces baisses de captures n'interviennent pas de la même façon en tous lieux, ni avec la même intensité sur les différentes classes d'âge. L'hypothèse faite est celle d'une plongée en profondeur des poissons âgés et une fuite des plus jeunes. Une baisse de la productivité de surface provoquée par la chute du vent pourrait faire le lien entre l'intensité du vent et la pêche. Des incertitudes liées à la non concordance géographique des données de pêche et de vent, et à l'absence de simultanéité de leur collecte, ont toutefois été soulignées. D'une manière plus générale, la précision et la validité des données recueillies par

les bateaux de pêche, ainsi que la difficulté à les collecter, ont fait l'objet de discussions. Il ressort que cet article, malgré son côté exploratoire, constitue un bon exemple d'études conduites a priori qui permettent de concevoir un certain nombre d'actions de recherche de terrain bien définies pour vérifier et/ou reformuler les hypothèses faites en première analyse.

4 - LES MIGRATIONS ET L'ENVIRONNEMENT : PONTE, ALIMENTATION

Cayré présente ensuite un document sur les migrations des thons et l'environnement.

L'idée émise et illustrée par de nombreux exemples, tend à montrer que les migrations des thons sont dirigées et orientées par différents paramètres et phénomènes (fronts, courants, houle, ondes internes...) de l'environnement; partant du fait selon lequel la sensibilité et les réactions des thons à nombre de ces paramètres sont quantifiables, et que de nombreuses données d'environnement sont disponibles pour la plupart des océans, il serait urgent de tenter de modéliser a priori les schémas migratoires. Cette modélisation, même grossière dans un premier temps, semble nécessaire à la programmation de recherches de terrain (marquage par exemple), plus ponctuelles et mieux définies qu'elles ne le sont en général. La valeur de l'intensité des gradients de différents paramètres (température, salinité, vitesse de courant...) sur le comportement des thons semble souvent plus importante que la valeur absolue des paramètres eux-mêmes, dans la limite des seuils de tolérance. Une bonne localisation dans l'espace et dans le temps de ceux-ci pourrait constituer la base d'un premier modèle. Par ailleurs CAYRE, tout en reconnaissant l'évidence de l'importance de la nutrition dans le comportement des thons, souligne, comme cela l'a été mainte fois au cours de cette réunion, que le problème de la relation entre la production planctonique et la nutrition des thons reste entier et semble extrêmement délicat à explorer; partant de cette remarque l'idée selon laquelle une modélisation des migrations, basée sur le principe selon lequel les thons doivent et trouvent effectivement à manger à intervalles plus ou moins réguliers serait concevable. Un tel modèle qui excluerait totalement et simplement l'aspect nutrition peut sembler concevable, compte tenu des connaissances et données existantes tant sur la biologie (physiologie, comportement...) de ces espèces, que sur leur environnement (paramètres physico-chimiques, structures dynamiques). La collaboration d'océanographes physiologistes, d'halieutes, d'éthologistes et de modélisateurs apparaît indispensable pour la conception et à la mise en oeuvre de ces modèles.

Le très intéressant livre de M. Sinclair : "Marine populations : an essay on population regulation and specification", récemment paru, a été

résumé par HERBLAND. Ce livre met l'accent sur l'extrême importance de déterminer la structure des zones de rétention larvaire (zone de ponte) pour caractériser et comprendre la taille des populations ("population" pris dans le sens d'unité de reproduction), leur distribution et le nombre de populations pour une espèce donnée. L'importance éventuelle de ces facteurs pour les stocks de thonidés est mal connue, mais demanderait à être étudiée, en particulier en comparant les diverses espèces de thonidés, du thon rouge au listao...

Un rappel de ce que l'on sait sur la nourriture des thons a ensuite été fait par J.M. STRETTA. Ce dernier a notamment insisté sur le fait que la très grande variabilité observée dans les contenus stomacaux interdit pratiquement toute comparaison portant sur des individus capturés dans les milieux différents. Par ailleurs, on constate toujours une grande différence entre le contenu des estomacs de thons et les résultats des traits de filets à plancton réalisés dans la même zone; de nombreuses proies des thons sont en effet suffisamment rapides pour échapper aux filets à plancton (évitement). Au cours des discussions qui ont suivi, l'impossibilité de relier l'abondance des thons (et leur alimentation) à la richesse planctonique (production) du milieu, a de nouveau été débattue. Les résultats qui semblent indiquer que les thons ne se nourrissent pas l'importante faune méso-pélagique (myctophidés entre autres) ont été discutés. Ils reposent sur les analyses approfondies, en particulier celles de ROGER et GRANDPERRIN. BARD en a rappelé l'aspect "illogique" et contradictoire, tenant compte des besoins alimentaires importants des thons et les zones apparemment "pauvres" en surface qu'ils fréquentent très souvent.

5 - LES PROBLEMES DE L'ANALYSE DES DONNEES PECHE ET ENVIRONNEMENT - CONSIDERATIONS GENERALES

Le problème a été présenté par C. ROY, à partir des travaux sur les petits pélagiques (CURY & ROY, 1987 et 1988; MENDELSSOHN & CURY, 1987) et les thonidés (MENDELSSOHN & ROY, 1986).

Deux approches sont possibles:

-la première consiste à étudier directement les relations entre cpue et environnement: on s'intéresse alors aux paramètres du milieu rendant le stock accessible, c'est-à-dire aux phénomènes d'accessibilité et de capturabilité de la ressource.

-la seconde s'efforce de comprendre l'influence de l'environnement sur une partie ou sur l'ensemble de l'écosystème; plus ambitieuse, cette démarche s'attache à comprendre les relations existant entre l'écosystème et son environnement (la reproduction, la survie larvaire, la nourriture,

la capturabilité sont fonction de l'environnement); elle est forcément pluridisciplinaire.

Si la variabilité à court terme peut expliquer des relations entre température et cpue, ce sont plutôt les scénarios thermiques (évolution de la température et non sa valeur instantanée) qui peuvent, par la suite d'un enrichissement, expliquer les variations de la cpue. L'analyse de la variabilité saisonnière et de la structure spatiotemporelle des cpue peut donner un schéma de l'évolution réelle de la ressource, et non refléter simplement les trajets des bateaux de pêche comme c'est souvent le cas avec l'analyse des prises seules. Leur analyse conjointe met en évidence une forte cohérence entre l'évolution des cpue et la variabilité saisonnière des températures de surface; elles sont très liées à l'évolution de l'upwelling et concordent bien avec les schémas migratoires.

Les tentatives visant à relier les variations de l'intensité de l'upwelling à la variabilité à court-terme des cpue se sont le plus souvent soldées par des échecs: par exemple, on ne trouve pas de relation cpue/upwelling à l'échelle interannuelle, ni en Côte d'Ivoire, ni au Sénégal. Cela suggère que le problème est mal abordé. Le problème est alors de déterminer quelle est la signification de la cpue comme indice d'abondance locale ?. Celle ci inclut nécessairement une composante liée, tant à l'environnement qu'à la stratégie de pêche. Par ailleurs, la validité des paramètres de l'environnement utilisés (ceux dont on dispose sont souvent les plus faciles à recueillir, mais pas nécessairement les plus pertinents!) est sujette à caution: par exemple, les paramètres qui agissent sur les petits pélagiques ne semblent pas toujours agir sur les p.u.e thonières.

Tout ceci montre la nécessité d'une réflexion théorique sur les cpue et l'estimation de la variabilité d'une pêcherie avant de continuer les recherches dans la direction actuelle. En particulier, les problèmes d'échelle spatiotemporelle sont importants, et doivent être mieux étudiés. Par exemple, en ce qui concerne les pélagiques côtiers, la variabilité du recrutement semble dépendre de manière importante de la variabilité haute fréquence de l'environnement. Il ne faut pas non plus négliger les phénomènes de migrations: le schéma migratoire très régulier qui est souvent observé chez les thonidés peut paradoxalement expliquer une grande partie de la variabilité des cpue: par exemple, le schéma global saisonnier de la pêche thonière dans l'Atlantique est très régulier, bien que la variabilité à plus court terme (localisation exacte dans le temps et l'espace) ne soit pas prévisible.

STRETTA s'oppose dans la discussion, aux conclusions de ROY-FONTENEAU sur l'anomalie de 1984 dans la zone du Cap Lopez (SCRS/86/77): si l'anomalie positive de la température de surface (et

l'absence de front) n'a pas eu de conséquence apparente sur la pêche (existence d'une pêcherie avec période et localisation traditionnelle), c'est probablement pour lui que la thermocline se trouvait très haute (7-10 m). En fait, la zone frontale doit être envisagée à la fois horizontalement et verticalement et la température de surface n'est donc pas nécessairement un bon indice. Ceci pourrait constituer une limitation au "modèle praxéologique" de STRETTA qui est basé sur le seul signal thermique de surface. Pour ROY, il faudrait aborder le problème sans chercher à tout prix des corrélations hypothétiques, mais plutôt étudier les processus et en déduire des hypothèses que l'on pourra alors tester.

FONTENEAU souligne que cela montre bien les limites de la méthode, tandis que STRETTA suggère qu'il ne faut pas se polariser sur ce qui se passe à un instant donné; HISARD rappelle lui qu'il n'existe pas seulement des fronts thermiques, mais aussi des fronts de salinité, dont l'importance a été montrée sur le litoral du Pacifique Ouest.

PIANET envisage lui qu'un va et vient est possible entre les deux méthodes (corrélations systématiques/réflexion): les températures de surface peuvent par exemple être un excellent paramètre, sans pour autant devoir toujours tout expliquer. Enfin, il faut aussi prendre en compte les changements importants pouvant intervenir dans la structure d'une pêcherie. Des changements de comportement des thons peuvent aussi bien être envisagés que des changements dans l'environnement: par exemple dans l'Atlantique tropical, la comparaison de la situation d'avant 1975 avec des canneurs et petits senneurs, pêchant régulièrement avec des rendements modérés une ressource apparemment bien distribuée dans l'espace, à celle actuelle avec des grands senneurs pêchant de manière irrégulière des superconcentrations avec des rendements très élevés doit tenir compte de ces changements de stratégies de pêche.

Pour HERBLAND, il faut se méfier des "fenêtres" qui ont tendance à rendre un peu "aveugle", et rechercher la bonne dimension: compromis entre une échelle trop grande (beaucoup de données, mais phénomènes trop lissés pour être identifiables) ou trop fine (bonne définition, mais plus assez de données).

FONTENEAU note aussi qu'il faudrait modéliser le comportement des pêcheurs: savant et variable mélange de prospection rationnelle (expérience) et stochastique (recherche aléatoire de la grosse prise). Les modèles théoriques (ALLEN) suggèrent qu'une exploitation purement rationnelle sous-exploiterait les stocks).

PIANET conclut, en suggérant que l'on doit s'attacher à choisir des zones avec des situations "simples", plus faciles à interpréter en fonction des questions à résoudre, par exemple là où les relations cue/capturabilité seraient plus faciles à appréhender.

6 - DONNEES DE PECHE ET ENVIRONNEMENT: QUELQUES EXEMPLES

6.1 - MADERE:

Lydia GOUVEILA, du laboratoire de Madère, présente ensuite le problème de la relation thon et environnement dans le secteur.

La pêcherie de thonidés de Madère se pratique essentiellement à la canne et vise les patudos de taille moyenne et grande. Les captures fluctuaient autour de 4000 tonnes depuis 1960, elles ont culminées à 5-6000 tonnes de 1973 à 1978 pour retomber à 1000-1500 tonnes depuis, malgré un effort de pêche assez stable. Les prises sont pratiquées autour des îles et des monts sous marins; elles montrent un cycle saisonnier marqué avec deux maxima en avril-juin et en fin d'année. Ces dernières années, d'importants changements sont intervenus dans la pêcherie, en particulier au niveau de la taille des poissons (qui sont beaucoup plus petits) et des zones de pêche. Les gros patudos sont ainsi totalement absents de la pêcherie de 1980 à 1987, bien que les conditions océanographiques (bathy et oxygène) soient restées globalement stables. Ceci semble dû à la disparition de la seconde période de pêche (fin de l'année). On note par ailleurs que pendant la même période, les pêcheries palangrières dans le secteur ont des p.u.e en patudos sans tendance nette. C'est un bon exemple de stock globalement en bonne condition et subissant un effort stable, mais dont les caractéristiques locales ont changé complètement sans motif apparent. Si cette modification résulte de l'environnement, elle demeure inexpliquée.

6.2 - AÇORES

J.PEREIRA des Açores fait ensuite une description de la pêcherie thonière des Açores. Celle-ci a une structure assez semblable à la précédente: zone à forte variabilité saisonnière (plus de 10°C d'écart entre les températures de surface hivernales et estivales), avec une forte alternance saisonnière des espèces en fonction des températures (patudos en saison froide, 16-20°C et listaos en saison chaude, 21-26°C. Le contraste entre les bonnes années à patudo (étés froids) ou à listao (étés chauds) est marqué. La flottille açoréenne se déplace dans la zone avec l'augmentation des températures de surface, les patudos se concentrant dans le Nord-Ouest de la zone de pêche. Les gros individus sont capturés en avril-mai (thermocline absente) en petit nombre, puis les captures augmentent (poissons plus nombreux et plus petits) alors qu'apparaît la thermocline saisonnière en juillet (maximum en septembre). La réapparition des gros patudos lors des tempêtes montre qu'ils sont toujours présents dans la zone de pêche, mais qu'ils ne sont pas accessibles aux canneurs. Les albacores ne sont pas habituellement capturés par les canneurs, alors que la présence d'un sennear pendant 3 ans a montré qu'ils

étaient présents mais à des températures de surface intermédiaires (19-22°C). En 1988, les températures ont été normales au début de saison, mais se sont trouvées très élevées fin août, entraînant des prises exceptionnelles de listao, mais pas d'albacore ni de patudo. La chute des prises de patudo observée à Madère depuis 1979 ne s'observe pas aux Açores, malgré la latitude plus élevée.

6.3 - Pacifique Ouest

PIANET fait sur ce thème une description des conditions océanographiques dans le Pacifique ouest : prédominance du signal interannuel (ENSO, avec 2 épisodes récents en 82/83 et 86/87) sur le signal saisonnier, système bien identifié de courants/contre-courants à très grande échelle... Le Pacifique ouest fait l'objet d'un suivi régulier grâce au réseau des navires marchands depuis 1969 (données de surface) et 1979 (XBT) ainsi que de croisières systématiques bisannuelles depuis 1984. Rappel est également fait du programme PROPPAC réalisé à partir de Nouméa, dont l'objectif est d'estimer l'influence des variations climatiques, à travers la structure hydrologique, sur la production pélagique du large dans le Pacifique ouest.

Le programme Thon/Environnement proprement dit est mené en collaboration entre l'ORSTOM et la CPS qui gère la base régionale des données thonières. La zone étudiée est actuellement limitée à la partie occidentale de la région CPS (135 à 180°E), entre 6°S et 16°N. Elle a été divisée en 6 sous-régions en fonction de la distribution en latitude des courants: 3 en latitude, 6°S-2°N (branche nord du Courant Equatorial, CE, et Sous-Courant Equatorial, SCE), 2°-8°N (Contre Courant Equatorial Nord, CCEN), 8°-16°N (Courant Equatorial Nord, CEN) et 2 en longitude (135°-160°E, 160°-180°E). Dans chacune de ces "boîtes", et pour la période 1979-88, les séries temporelles des différents paramètres océanographiques (température de surface, salinité, chlorophylle de surface, profondeur de la thermocline assimilée à l'isotherme 20°C et épaisseur de la couche homogène de surface assimilée à la profondeur de l'isotherme 27°C) ont été calculées, ainsi que leurs anomalies standardisées; une estimation des transports géostrophiques de ces courants (1979-1985, groupe SURTROPAC) a également été utilisée. Les séries correspondantes de cpue en listao (*Katsuwonus pelamis*) au bonite du Pacifique ont été calculées pour les canneurs et les senneurs japonais en distinguant la méthode de pêche (à la volée ou sur épaves). Les résultats concernant les zones à l'est de 160°E ont été présentés.

Quelques corrélations entre les cpue et certains paramètres océanographiques (couche homogène, thermocline, transports) ont été estimées. Les cpue des canneurs montrent de manière générale une bonne relation avec l'intensité des transports du CEN et du CCEN, confirmant les hypo-

thèses de Tanaka (1980), Elles sont moins bonnes avec la thermocline. Pour les senneurs, les résultats sont plus ambigus: de manière surprenante, aucune relation n'a été mise en évidence entre les prises à la volée et la profondeur de la thermocline; par contre, en ce qui concerne les prises sur épaves, une relation est observée avec l'intensité des transports (positive dans le CE, négative dans le SCE, lesquels ont des variations en opposition). En ce qui concerne l'influence de l'ENSO, les épisodes chauds ont un effet positif pendant leur phase de maturation et le début de la phase de crise sur les prises des canneurs ; leur effet sur les senneurs est moins évident, mais plutôt négatif. Ces indications, qui ont besoin d'être étudiées plus en détail, sont recoupées par les informations provenant de la presse spécialisée japonaise pour l'année 1986/87.

Ces résultats préliminaires ambigus mettent bien en évidence les problèmes de méthodologie: adéquation des strates spatiotemporelles retenues (même si elles se veulent "intelligentes"), méthode statistique "primitive", problèmes liés aux données de pêche comme de physique, empêchant de travailler à une échelle suffisamment fine. Le caractère incomplet de la base de données de pêche rend par ailleurs difficile un approfondissement de ces analyses. L'étape suivante, devrait utiliser un canevas de boîtes 2°x5° en liaison avec une analyse en composantes principales; les variabilités saisonnières et interannuelles devraient être séparées. Un allongement de la série temporelle (depuis 1969) en ce qui concerne les canneurs japonais et les données de surface est possible et souhaitable. Des développements selon les nouvelles méthodes préconisées par ROY et MENDELHSONN sont envisageables, mais doivent être menées par des spécialistes de ces méthodes.

6.4 - Océan indien

MARSAC présente deux articles concernant cette zone: le premier concernant les relations entre l'environnement et la pêche palangrière, le deuxième traitant des relations entre pêche à la senne et l'environnement dans la zone de l'upwelling des Somalies. Il ressort de la première étude qu'aucune relation simple ne peut être mise en évidence entre différentes conjonctions de paramètres hydrologiques de subsurface (température et teneur en oxygène dissous à 100 m, immersion de la thermocline, intensité du gradient thermique maximal dans la thermocline ainsi que son immersion) et pue des palangriers, tant d'albacore que de patudo. L'accent est mis sur 2 secteurs, le canal de Mozambique et la région somalienne, dans lesquels on constate une variabilité saisonnière des rendements plus grande que dans les autres strates examinées. Ces deux régions sont le siège de phénomènes hydrologiques caractéristiques (tourbillons convergents et en particulier upwelling en Somalie) qui peu-

vent ne pas être sans effet sur la répartition dans l'espace de la biomasse.

Un certain nombre de limitations sont évoquées, qui pourraient expliquer l'absence de relations nettes: la faible résolution spatiale des données de pêche (strates unitaires de 5'/mois) est particulièrement critique dans des secteurs où les structures hydrologiques offrent de grands contrastes au sein d'une même saison. D'autre part, la pue palangrière est un mauvais indice d'abondance du stock d'adultes. Enfin, on peut aussi s'interroger sur le degré des relations entre les thons adultes et leur environnement.

F. MARSAC a ensuite exposé l'article "Purse seine tuna fishing and environmental conditions in the Somali basin..." qu'il a présenté à la réunion de l'IPTP en juin 1988. Dans cet article, différentes corrélations sont faites entre la pêche thonière des senneurs, et divers paramètres d'environnement (vent, température, oxygène) dans le bassin de Somalie (0-12°N; 43°E-60°E). Il ressort de ces analyses que la variabilité des captures et des rendements pourrait en partie s'expliquer par l'évolution de l'hydroclimat local si l'on tient compte d'un décalage de temps dans l'analyse. Les gradients selon lesquels les différents paramètres sont observés semblent particulièrement importants à prendre en considération. Une certaine prévision des zones favorables à la pêche peut être envisagée à partir de la définition d'une "fenêtre" optimale des conditions.

Plusieurs commentaires ont porté sur la signification qu'il convient de donner à la prise par unité d'effort (pue = abondance ou capturabilité?...), étant donné le manque de précision de cet index et la difficulté de le comparer quand on passe d'un engin ou d'une pêcherie à une autre.

6.5. Analyse des données des pêcheries et d'environnement : quelles approches ?

Il y a là d'une manière évidente un problème d'approche à définir: une étude statistique préalable de la variabilité des prises par unité d'effort (le principal paramètre, sinon l'unique, permettant d'évaluer les variations des populations) est nécessaire. De nouvelles approches statistiques doivent être envisagées: les méthodes traditionnelles (dont celle utilisée par ROY-MENDELSSOHN 1986 dans l'Atlantique) ne suffisent pas. Référence a été faite à d'autres méthodes : régressions multiples et non linéaires, transformations empiriques des données, prise en compte d'effets de seuil. Celles-ci peuvent donner une idée de la forme des relations entre les paramètres descriptifs du milieu, et les paramètres caractéristiques des stocks (Cf l'article de CURY/ROY sur les fenêtres environnementales optimales).

Une révision de l'utilisation des paramètres classiques de l'environnement devrait aussi être étudiée: prise en compte des temps de

latence entre les variables expliquées et explicatives, prise en compte des dérivées des paramètres (gradients, instabilité, turbulence) sont de plus en plus nécessaires. La recherche des zones d'hétérogénéité est aussi importante (Cf cartes de chlorophylle ou de la couleur de l'eau).

Une comparaison des situations des pêcheries thonières dans les trois océans devrait aussi être envisagée, d'autant plus que l'ORSTOM est le seul organisme à pouvoir mener à bien une telle étude à l'échelle mondiale :

- L'Atlantique montre des pêcheries diversifiées, relativement anciennes, assez nettement saisonnières; il existe d'excellentes statistiques et complètes de pêche, ainsi qu'un bon suivi scientifique sur une période assez longue; les stocks sont assez fortement exploités, les cpue représentant une combinaison de l'abondance réelle et de la capturabilité. La situation océanographique est fortement saisonnière avec des accidents interannuels plus ou moins marqués. Il existe de bonnes séries océanographiques, quoique relativement récentes; de sérieuses possibilités de les reconstruire par modélisation sur toute la période existent. La télédétection y est utilisée en routine (METEOSAT) depuis de nombreuses années.

- L'Océan Indien montre des pêcheries peu diversifiées, récentes en surface, fortement saisonnières avec d'excellentes statistiques de pêche et un bon suivi scientifique sur une période courte; le niveau d'exploitation est incertain, les cpue représentant probablement plus les variations de la capturabilité que celle de l'abondance réelle. La situation océanographique est fortement saisonnière, avec des accidents interannuels relativement marqués (situation probablement intermédiaire entre celles de l'Atlantique et du Pacifique ouest). Il n'y a pas de suivi océanographique permanent, mais la reconstitution d'une série par modélisation est probablement possible. L'utilisation de la télédétection est prévue en routine (NOAA) à partir de 1989 depuis la nouvelle station de Télédétection ORSTOM de l'Île de la Réunion.

- Le Pacifique ouest: pêcherie diversifiée, relativement ancienne, moyennement saisonnière. Les statistiques de pêche sont bonnes jusqu'en 1979, puis médiocres depuis 1980 (une possibilité d'amélioration subsiste, ces statistiques existant au Japon et aux USA mais n'étant pas actuellement disponibles. Le suivi scientifique a été variable sur une période assez longue; le niveau d'exploitation est assez faible en surface, plutôt élevé pour la palangre. Les pue représentent essentiellement les variations de la capturabilité; la situation océanographique est peu saisonnière, avec une variabilité interannuelle marquée (ENSO). Il existe de bonnes séries océanographiques assez anciennes, avec une possibilité (moins immédiate que pour l'Atlantique) de les reconstituer par modéli-

sation sur une longue période. L'utilisation de la télédétection est possible (NOAA, GMS?, autres japonais?).

- Le Pacifique est, est une zone bien couverte depuis plusieurs dizaines d'années par l'IATTC pour les thons et divers laboratoires américains pour l'environnement. Les données sont globalement bonnes et de longue durée, tant pour les pêcheries que pour l'environnement. Toute étude menée à l'échelle mondiale devrait tenter de couvrir cette zone, grâce à des éventuels programmes de recherches conjointes, à réaliser avec les chercheurs spécialistes de ce secteur (IATTC, Hawaï, Monterey, La Jolla).

En résumé divers points se dégagent: le problème général des relations pêche/environnement pourrait être revu dans une optique plus "éclatée", chaque secteur géographique identifiant les aspects qu'il serait le mieux à même de résoudre: recrutement, accessibilité, capturabilité locale, variabilité saisonnière ou interannuelle,...

Un effort d'imagination devrait porter sur le choix des paramètres du milieu à prendre en compte, en particulier par la prise en compte de leurs dérivées et des temps de latence;

- De nouvelles approches, notamment au niveau des méthodes statistiques devraient être tentées, probablement en collaboration avec des spécialistes de ces méthodes ; une plus large diffusion de celles-ci serait nécessaire (références théoriques, programmes existants, formation de chercheurs à ces méthodes, ...). L'étude détaillée préalable de la variabilité propre des cpue est indispensable et le problème du choix des échelles de temps et d'espace crucial (Cf. annexe 3, point 2) ;

- Un effort supplémentaire devrait être fait sur l'étude des hétérogénéités et des discontinuités de l'environnement à échelle plus fine: bulles d'eau froides, tourbillons, "fronts" de couleur (Cf les cartes réalisées par C.DUPOUY), ... En particulier, on pourrait envisager d'utiliser une méthode "simplifiée" d'analyse des données satellitaires de couleur de l'eau (permettant par exemple d'utiliser des capteurs moins sophistiqués que CZCS) ou des SST, pour mettre en évidence ces discontinuités

- Des études fines (Cf l'étude de l'upwelling des Somalies) à partir des nombreuses croisières océanographiques disponibles dans des zones de pêche (en particulier dans le Pacifique) pourraient aussi aider à définir les hypothèses de travail

7 - TELEDETECTION ET ENVIRONNEMENT DES THONS

Différents exposés sont présentés sur ce thème :

- L. MAREC: Océanographie et télédétection satellitaire par le satellite Météosat.

- C. DUPOUY: Fronts et structures de couleur décrits par CZCS autour de la Nouvelle Calédonie.

- C. LEROY (IFREMER Nantes): Télédétection satellitaire et pêche au germon (*Thunnus alalunga*) dans le NE Atlantique.

- J.-M. STRETTA: La prévision des zones de pêche thonière: quels paramètres et quels modèles? La réponse praxéologique.

En plus de ces exposés scientifiques, J. NOEL. a brossé le tableau de la télédétection à l'ORSTOM et de ses développements récents à l'île de La Réunion.

L. MAREC présente tout d'abord le travail de routine effectué par l'Antenne ORSTOM de Lannion et rappelle les méthodes de cartographie du champ thermique de surface dans l'Atlantique, telles quelles sont utilisées à l'ORSTOM depuis une dizaine d'années à partir d'algorithmes conçus par J. CITEAU. MAREC présente également les nouveaux procédés de transmission par satellite de cartes de température du golfe de Guinée directement à bord des thoniers sennieurs à partir de Lannion. Ces cartes de températures de surface semblent vivement appréciées par les pêcheurs qui les reçoivent, même si leur contribution exacte à l'amélioration des rendements grâce à des prospections plus efficaces, demeure difficile à évaluer.

C. LEROY présente ensuite les travaux que l'IFREMER poursuivait ces dernières années en matière de télédétection appliquée à la pêche du germon en Atlantique nord, des Açores au sud de l'Irlande. Le but de ces travaux était de déterminer les zones de concentration du germon, espèce particulièrement liée aux zones frontales dont la température est comprise entre 16 et 20°C. Ces travaux sont à présent abandonnés par l'IFREMER en raison du coût de ces opérations, du faible poids économique de la flottille germonière française, et du développement de nouvelles techniques de pêche (filet maillant et pêche au chalut pélagique en boeuf).

C. DUPOUY présente ensuite son travail sur les images de CZCS, couleur de l'eau, dans la province maritime de la Nouvelle-Calédonie. Les apports du CZCS dans la connaissance hydrographique de la région sont importants : en particulier la détection par CZCS de champs de *Trichodesmium oscillatoria* en période estivale et l'évaluation des surfaces couvertes par ces algues. Cette algue a la particularité de fixer l'azote atmosphérique; ceci pourrait conduire à l'enrichissement non négligeable des masses d'eaux, étant données les importantes surfaces couvertes temporairement par ces algues. De plus, au sud de la Nouvelle-Calédonie le CZCS a permis d'observer des enrichissements en chlorophylle très localisés dans une zone réputée comme étant "homogènement pauvre".

C. DUPOUY rappelle l'intérêt d'un capteur couleur de l'eau pour rechercher les fronts et déterminer leur mûrissement. Ces observations soulèvent le problème de la recherche et du suivi de ce type de structures dans l'avenir, étant donné que le CZCS n'est plus opérationnel. La réponse sera sans doute apportée avec le lancement de SPOT-4 et de son capteur couleur de l'eau vers 1994. Une autre possibilité viendrait sans doute d'un capteur couleur de l'eau embarqué à bord d'un satellite américain de la série LANDSAT.

Les données CZCS devraient susciter un regain d'intérêt, car à la suite des récents travaux de Morel (France) et Collins (USA) et du modèle qu'ils ont développé, il semblerait qu'il soit possible d'appréhender directement la productivité primaire à partir des données de chlorophylle de CZCS.

STRETTA présente ensuite l'article destiné au colloque de Shimizu (Japon, octobre 1988).

STRETTA explique tout d'abord, comment, à partir de la connaissance du passé hydrologique des masses d'eau et à partir des refroidissements de surface, il lui a été possible de bâtir le modèle prévisionnel PREVIPECHE. Cette connaissance du passé hydrologique permet de décomposer les successions d'événements (enrichissement, maturation, stabilisation) qui concourent à la présence d'une nourriture potentielle pour les thons.

Plusieurs participants ont contesté le caractère général de cette hypothèse de départ, sans pour autant la rejeter totalement. Le problème de la validation du modèle prévisionnel et de l'évaluation de ses performances subsiste.

La discussion a porté ensuite sur l'opportunité de créer en France un Groupement d'Intérêt Professionnel (GIP) pour exploiter et diffuser les données de télédétection en halieutique, en rendant ainsi pleinement opérationnels les résultats scientifiques acquis actuellement. On a noté que les activités du groupe de radiométrie aérienne ont été récemment publiées aux éditions ORSTOM.

STRETTA a aussi brièvement rappelé les travaux du groupe de radiométrie aérienne dans les trois océans durant ces dix dernières années et évoqué l'opération HAREM.. Cette opération, qui consistait à survoler à haute altitude des bancs de thons avec un avion équipé d'un radar à ouverture synthétique destiné à la détection des bancs de thons, devrait se dérouler durant l'été 1989 en Méditerranée. Si cette méthode s'avère efficace pour le comptage et l'évaluation des bancs, elle pourrait avoir une utilité potentielle considérable, tant pour ses applications halieu-

tiques à court terme, que pour les recherches futures (thons, dauphins,...).

8 - MODELISATION

8.1 - Modélisation du milieu physique

MORLIERE introduit le sujet. Grâce aux progrès importants réalisés pendant la dernière décade dans le domaine de la modélisation, les modèles numériques de l'océan sont devenus des instruments indispensables à la compréhension des mécanismes océaniques. L'ajustement des modèles aux observations par des méthodes d'assimilation des données, améliore la qualité des simulations et permet de considérer ces modèles comme des interpolateurs spatio-temporels d'observations du milieu océanique. Il reste encore quelques difficultés à l'utilisation systématique de ces modèles, en particulier liées à la qualité des champs de contraintes externes (le vent et les flux thermodynamique à l'interface qui constituent les moteurs du modèle et dont la connaissance est actuellement insuffisante).

Une expérience de modélisation opérationnelle en temps quasi-réel de la zone hauturière de l'Atlantique intertropical a été entreprise à l'aide du modèle de circulation générale "OPERA" du LODYC (Université de Paris 6). Les expériences d'assimilation des profils thermiques observés, permettent d'améliorer de façon sensible les performances du modèle. On dispose ainsi d'un instrument d'observation permanente de l'océan qui sera utilisé pour constituer une série historique de 1982 à la période actuelle et qui permettra de suivre l'évolution en temps quasi-réel du milieu physique (température, salinité et vitesse des courants). Les données XBT du réseau d'observations TOGA sont utilisées pour corriger chaque mois le modèle.

Les données de cet "observatoire permanent" de l'océan, permettent d'envisager les études des relations thon-environnement sous un angle entièrement nouveau; elles seront utilisées en 1989 pour une analyse de la pêche d'albacore dans la zone du large durant les années 1982 à 1988, i.e. couvrant l'importante anomalie de 1983-1984.

Un projet de modélisation d'une zone de pêche côtière (Sénégal-Mauritanie) va aussi être ultérieurement entrepris; il s'agit de réaliser un modèle haute résolution d'une zone côtière emboîté dans le modèle global de l'Atlantique intertropical. Dans les années qui viennent, ce modèle devra être réalisé et testé. On pourra alors envisager son application à l'étude des relations entre l'évolution comparée des milieux physique et biologique et à la surveillance temps réel du milieu associé à une pêche. Un tel outil pourrait, en dépit de sa complexité, servir de base à de nom-

breuses études, en particulier si on le couple avec un modèle de production.

8.2 - Modélisation du comportement des dauphins

KLEIBER présente ce type de modélisation, le modèle TOP, qu'il développe actuellement à La Jolla (USA).

Il s'agissait d'étudier le comportement des dauphins associés aux bancs de thons dans le pacifique est, en fonction des informations collectées par les navires de pêche thonière et les navires de recherches. Les navires de pêche fournissent une information abondante mais biaisée car ils poursuivent les bancs de thons; l'information des navires de recherche est peu abondante, mais non biaisée. Comment expliquer qu'en 1983, ces deux types d'informations coïncident, alors qu'elles diffèrent sensiblement le reste du temps?. Peut-on imputer à l'environnement particulier de cette année (année ENSO) une modification de la dispersion des dauphins? Qu'elle a pu être cette nouvelle distribution des dauphins, pour que les deux échantillonnages se rejoignent? Un modèle basé sur des hypothèses logiques concernant le comportement des dauphins a été élaboré pour tenter de répondre à ces questions. Une présentation animée de ce modèle sur ordinateur a été faite. Ce type de modèle pourrait aisément et utilement être développé aux thons, afin de mieux évaluer le déterminisme des migrations et des concentrations.

8.3 - Modélisation statistique

ROY fait ensuite un bilan de ce type de modélisations.

Mendelsshon (SWFC Monterey) a mis au point un ensemble d'outils statistiques permettant de mener des analyses multivariées non-linéaires des données de pêche et d'environnement. Ils ont permis d'expliquer la corrélation positive ou négative existant entre le recrutement de sardinelles dans le golfe de Guinée et la situation thermique des eaux. L'emploi de ces outils est assez lourd et complexe; il nécessite un gros investissement intellectuel et des jeux de données importants, mais ses résultats potentiels semblent très intéressants.

8.4 - Conclusion aux modélisations

Les techniques nouvelles de modélisation utilisant les progrès énormes de l'informatique moderne (du PC au CRAY2...), peuvent conduire à des progrès considérables tant dans l'analyse des paramètres et des mécanismes, que dans la formulation de nouvelles hypothèses de travail. Cette voie de recherches multidisciplinaires et multiocéans est difficile à mettre en oeuvre par suite de la diversité et de la complexité des bases de données fines à utiliser (pêche et environnement) et des

techniques mathématiques à mettre en oeuvre. Ce doit être cependant, une voie dans laquelle orienter les équipes de recherche, celles de l'ORSTOM en particulier qui ont la chance de disposer d'une diversité thématique de recherches couvrant de multiples océans. Ces modèles devraient à terme apporter des progrès déterminants, tant en ce qui concerne la compréhension des mécanismes, que dans la prévision des phénomènes.

9 - CONCLUSION : SYNTHÈSE DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE; EXAMEN DES PERSPECTIVES DE RECHERCHES

Un certain nombre de discussions ont été menées sur ce dernier point. Du fait de l'hétérogénéité de ces débats, par ailleurs fort intéressants, il est apparu préférable au rédacteur de faire un résumé de ces débats en stratifiant ceux-ci selon six thèmes qui sont examinés à l'annexe 3 :

- 1- Pourquoi des recherches "Thon et Environnement" ?
- 2- A quelle échelle mener ces résultats ?
- 3- Quels paramètres sont nécessaires ?
- 4- Quelles recherches connexes sont-elles nécessaires ?
- 5- Quelles modélisations ?
- 6- Quelles sont les perspectives des recherches ?

A N N E X E 1 :
LISTE DES PARTICIPANTS

- AUBRAT Jean ; ORSTOM TOA 213 rue Lafayette - 75480 PARIS
- AUMEERUDDY Riaz ; Centre ORSTOM COB BP 70 - 29263 PLOUZANE
- BARD F.X. ;CRO BP V 18 ABIDJAN (COTE D'IVOIRE)
- CAYRE Patrice Antenne ORSTOM - Fisheries Research Centre, Albion Petite Rivière Ile Maurice
- DIOUF Taïb ; CRODT BP 2241 - DAKAR (SENEGAL)
- DONGUY Jean René ; ORSTOM COB BP 70 - 29263 PLOUZANE
- DUPOUY Cécile ; ORSTOM BP A5 Nouméa Nouvelle Calédonie
- FONTENEAU Alain ; CRODT BP 2241 - DAKAR (SENEGAL)
- GAERTNER Daniel ; ORSTOM Apdo 373 Cumana (VENEZUELA)
- GOUVEIA Lidia - Fisheries Biology Department, Fisheries Directorate 9000 FUNCHAL - MADEIRA Portugal
- HERBLAND Alain ; CREMA L'Houmeau 17 La Rochelle
- HISARD Philippe ; ORSTOM BP 5045 - 34022 - MONTPELLIER
- JARRIGE François ; ORSTOM TOA 213, rue Lafayette - 75480 PARIS
- KLEIBER Pierre ; NMFS, PO Box 271, La Jolla CA 92038 - USA
- LEROY Claude ; IFREMER BP 1049 - 44000 NANTES
- MAREC Louis ; Antenne ORSTOM CMS BP 147 - 22302 LANNION
- MARSAC Francis ;Centre ORSTOM BP 70 - 29263 - PLOUZANE-BREST
- MORLIERE Alain ; LODYC/Université Pierre et Marie CURIE - PARIS

- PEREIRA Joao ; Universidade Dos Açores - 99000 Horta-Açores (PORTUGAL)
- PIANET Renaud ; ORSTOM - BP A5 - NOUMEA NOUVELLE CALEDONIE
- REBERT Jean-Paul ; COB Centre TOGA 29263 - PLOUZANE
- ROY Claude ; CRODT BP 2241 - DAKAR (SENEGAL)
- STRETTA Jean Michel ; ORSTOM BP 5045 - 34022 MONTPELLIER
- TURNER Steve ; NMFS MIAMI U.S.A.

A N N E X E 2
LISTE DES DOCUMENTS PRESENTES

CAYRE (P.).- Les migrations des thons : un comportement déclenché et guidé par l'environnement

DUPOUY (C.).- Fronts et structures de couleurs décrits par CZCS autour de la Nouvelle Calédonie.

FONTENEAU (A.).- Environnement et thons tropicaux de l'Atlantique. Introduction au problème.

GOUVEIA (L.), AMORIM (M.), VALAS (D.) and ARAUJO (T.).- Tuna fishery and environmental data collected in Madeira 1960-1987.

HERBLAND (A.).- Oligotrophie et eutrophie : relation de cause à effet ?

HISARD (Ph.).- Variabilité interannuelle des océans tropicaux.

KLEIBER (P.).- A review of american research on the question of tuna and environment.

KLEIBER (Ph.) and EDWARDS (E.).- A model of tuna vessel and dolphin school movement in the eastern tropical Pacific ocean : technical description of model.

LEMASSON (L.).- Les relations production halieutique et environnement.

LEROY (C.).- Télédétection satellitaire et pêche du germon *Thunnus Alalunga* dans le N.E. Atlantique.

LITTAYE (A.).- Relations entre la vitesse du vent et les captures de germon. Exemple de la "Coupure d'Août" de la pêche de surface dans le nord-est Atlantique.

MAREC (L.).- L'océanographie satellitaire et le satellite météosat.

MARSAC (F.).- Hydrologie de subsurface et pêche thonière palangrière dans l'Océan Indien : une approche qualitative.

MARSAC (F.).- Purse seine tuna fishing and environmental conditions in the Somalie Basin (0°12'N 43°E - 60° E) at the cessation of the southwest monsoon.

MORLIERE (A.).- Utilisation de la modélisation numérique pour une observation permanente de l'océan.

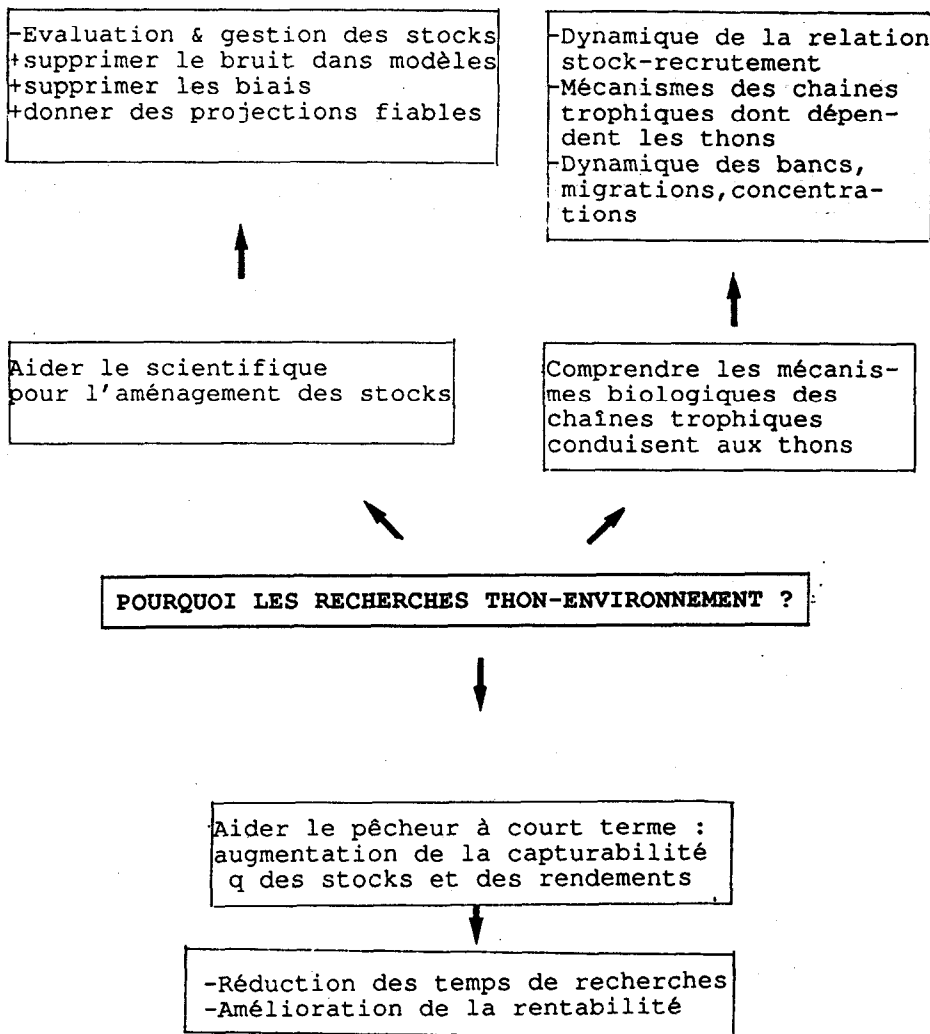
PEREIRA (J.).- Les pêcheries thonières des Açores : un aperçu des relations thon et environnement.

PIANET (R.).- Oceanography and intertropical tuna fisheries in the western Pacific : which significant large scale parameters can be used.

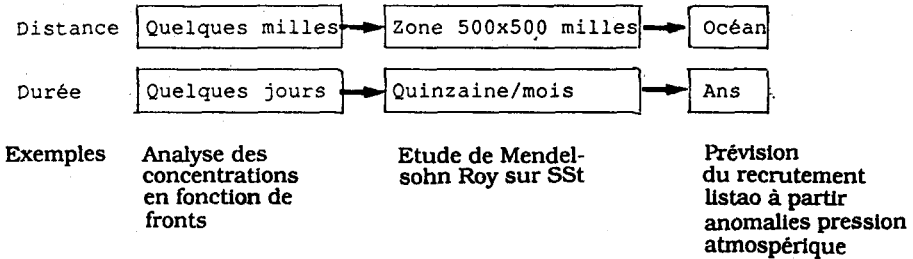
STRETTA (J.M.).- Forecasting tuna fisheries areas : what parameters, what models ? the praxeological response.

ANNEXE 3:
BILAN RESUME DES TRAVAUX

1. POURQUOI LES RECHERCHES THONS-ENVIRONNEMENT ?



2. CHOIX D'UNE ECHELLE D'ETUDES



N.B.- Le choix de l'échelle spatiotemporelle est fondamental et s'appliquera à tous les stades de l'étude : données recueillies, pas des analyses et des modélisations, projections et prévisions issues des recherches.

3. QUELS PARAMETRES ?

3.1. Sur le milieu :

Paramètres en 4 dimensions : latitude, longitude, profondeur et temps.

- Température de surface et de subsurface
- Salinité
- Oxygène de subsurface
- Vent
- Courants de surface et de subsurface, convergences, divergences, upwelling.
- Couleur et transparence de l'eau.
- Topographie des fonds (plateau, monts sous marins)
- Magnétisme.
- Accumulation d'épaves.
- etc ?

La hiérarchisation et le choix de ces paramètres ont été discutés, mais ne peuvent se faire que selon les objectifs du programme, au cas par cas.

3.2. Sur les pêcheries et les thons :

- Statistiques de pêche exhaustives, par espèces correctes biologiquement (attention aux biais des livres de bord !), par taille, par engin et mode pêche (banc libre ou avec épave), et des éléments sur le comportement des pêcheurs. Les pas géographiques et de temps sont nécessairement fins (par exemple jour et mille), même pour les études à grande échelle, ceci pour corriger un certain nombre de biais classique en halieutique.

- Des données d'observation directes des thons, indépendantes des pêcheries (par exemple par avion ou navire de recherche) sont très souhaitables car non biaisées (potentiellement).

4. DEUX CHAMPS D'ETUDES IMPORTANTS

1) Les études sur les mécanismes de productivité, du phytoplancton à la nourriture des thons, puis enfin au thon.

2) Les études sur la physiologie des thons, par exemple l'écologie des larves et des juvéniles, la tolérance des divers ages aux paramètres du milieu, les besoins trophiques, la thermodynamique, l'orientation dans le champ magnétique terrestre, etc

Ces deux champs de recherche sont menés relativement indépendamment des précédents. Les résultats de ces recherches sont cependant d'une importance extrême dans l'interprétation des relations "Milieu/Thon" et dans la compréhension des relations fonctionnelles qui existent entre le milieu et les thons. On ne peut à ce sujet que souligner l'extraordinaire intérêt des résultats acquis dans ce domaine depuis 20 ans à Hawaï et la nécessité de développer ces études.

5. LES MODELES THON ENVIRONNEMENT

5.1. Trois contraintes fondamentales

A) Processus en 4 dimensions : latitude, longitude, profondeur et durée ; le plus souvent il existe des "Time lag" qu'il faut impérativement prendre en compte : la situation du thon au temps "t" dépend de l'évolution de l'environnement aux temps t-2, t-1 etc.. (Les corrélations simples sont donc exclues).

B) Existence de relations à variables multiples et non linéaires, d'où nécessité d'employer des outils mathématiques complexes et ad hoc pour les évaluer.

C) Les données sont le plus souvent incomplètes. Il est nécessaire (et souvent difficile...) d'interpoler pour reconstituer la base de données, cela est parfois très difficile. Les nouveaux modèles du type OPERA (MOR-LIERE) peuvent dans le domaine des données physiques apporter une aide considérable.

5.2. Types de modèles

De multiples modèles tentent déjà de prendre en compte l'effet de l'environnement sur les ressources thonières et leur exploitation. Beaucoup reste à faire en particulier pour bien comprendre les relations fonctionnelles entre les paramètres du milieu et les prévisions (sinon risques d'erreurs graves !).

Dans ce domaine la base de données est globalement au niveau mondial beaucoup plus riche que la base de connaissances. Le développement des modélisations devrait avoir pour objectif de réduire ce hiatus et améliorer la compréhension des mécanismes.

6. QUELQUES FUTURES VOIES DE RECHERCHES

1) Analyse des réseaux trophiques associés aux bulles d'eaux froides, à très fine échelle spatiotemporelle, dans la zone équatoriale : analyse de l'effet "peau de panthère" dans le domaine de l'enrichissement des masses d'eaux et de ses effets possibles sur les concentrations de thons..

2) Analyse des conditions du milieu à fine échelle dans les zones de concentrations des thons, qu'elles soient de reproduction ou trophiques (associant images par satellite et observations sur navires de pêche).

3) Analyse de chaque type de problème en concentrant les efforts de recherche dans la zone du monde où les phénomènes semblent les plus nets et où les données sont adéquates (celles des pêcheries en particulier).

4) Développer une meilleure coordination mondiale et inter-laboratoires des programmes de recherches, en particulier au niveau complexe de la modélisation.

5) Organiser des groupes de travail mondiaux thématiquement ciblés sur le sujet "thon et environnement", si besoin est en recherchant l'aide et la sponsorship de structures ayant vocation à cette coordination des recherches, l'IFIAS en particulier.

ANNEXE 4 BIBLIOGRAPHIE

P.ALLEN and J. MAC GLADE, 1986.- Dynamics of discovery and exploitation : the case for the scotian shelf groundfish fisheries. *Can. Jnl. Fish. and Aq. Sci.* 43 : 1187-1200

P. CURY and C.ROY ,1989-Optimal environmental window and pelagic fish recruitment success in upwelling areas. *Can J. Fish. Aquat. Sci.*, Vol.46,4;p 670-680

P. CURY et C. ROY., 1987-Upwelling et pêche des espèces pélagiques côtières de Côte d'Ivoire: une approche globale. *Oceanologica Acta*, Vol.10, n°3:347-357.

A.DESSIER , 1983.- Variabilité spatiale et saisonnière des peuplements épiplanctoniques des copépodes du Pacifique tropical sud et équatorial (est Pacifique). *Oceanologica acta*. 1983. Vol. 6 n° 1 p. 89-104.

A.FONTENEAU et C.ROY , 1987.- Pêche thonière et anomalies climatiques de l'environnement dans l'Atlantique tropical Centre est en 1984. *Rec. Doc. Scient. ICCAT* Vol. 26 (1) p. 228-236

R.MENDELSSOHN et C.ROY , 1986.- Environmental influence on the french, ivorian, senegalese and morocan tuna catches in the gulf og Guinea. In *ICCAT. Proceedings of International Skipjack program*. pp. 170-188

C. ROGER et R. GRANDPERRIN, 1976.- Pelagic food webs in the tropical Pacific. *Limnol. Oceanogr.*, 21(5) : 731-5

J. SERVAIN ,J. PICAUT and J.MERLE, 1982-Evidence of remote forcing in the equatorial Atlantic ocean. *J.Phys. Oceanogr.*,12:457-463

T. TANAKA and M. YAO , 1980.- Catch relationship in four different skipjack areas in the western Equatorial Pacific. *SPC/Fisheries 12/WP 16*. Translation of Suisan Sekai, 29 (3)/58-63

PROCEEDINGS OF ORSTOM WORKING GROUP ON TUNAS AND ENVIRONMENT

(Paris, September 12-15, 1988)

1 . INTRODUCTION : OBJECTIVES AND ARRANGEMENTS OF THE MEETING

The objectives of the working group was to have specialists of different disciplines and organizations carrying out research on tunas or the environment meet together to make a critical summary of past research and to discuss of future research in the field of "tunas and environment".

Twenty-four scientists (list of participants is presented as Appendix 1) met ; sixteen of these were from ORSTOM and eight from various French and foreign research organizations.

The group was deliberately pluridisciplinary, including fishery biologists and population dynamics experts, oceanographers, and specialists in productivity and in remote sensing.

These proceedings synthesize the documents presented and the discussions arising from them. The meeting was presided by Dr. A. Fonteneau, who coordinated the drafting of the report, written by P. Cayré, R. Pianet, A. Morlière and J.M. Stretta. The list of documents presented to the working group is given as Appendix 2. These documents are available upon request to the authors.

2 . INTRODUCTION TO THE PROBLEM OF "TUNAS AND ENVIRONMENT"

As an introduction, Dr. Fonteneau presented paper written to be presented at the ICCAT scientific committee meeting in November, 1988. "Environment and Atlantic Tropical Tunas, Introduction to the Problem".

This document summarizes the different types of effects of the environment on tuna stocks (their distribution, dynamics) as well as on the fisheries (both surface and deep-water) which exploit these species.

It becomes progressively clearer, particularly from this study, that the environment and its variability, on all geographic and temporal scales, are important factors in tuna stock dynamics and their exploitation. These factors can no longer be neglected in modelization and the rational management of these resources, as in the past. A good example of this is the sharp drop in catch rates of large yellowfin which was observed at the end of 1983 and in 1984 in the Gulf of Guinea. This sharp decrease was thought at that time to be due to a very low level of the adult stock. More recent studies and the rapid recovery of the stock suggests that the drop in catch rates was probably caused by the thermocline being abnormally deep, which subsequently reduced the catchability of tunas to purse seiners in this area.

Research on the tuna/environment relationship thus has several objectives : achieve a better understanding of the biology of the species, improve the monitoring of the evaluations and management of the stocks, as well as achieve a more efficient exploitation, based on a perfect knowledge of the environment and its effects on the distribution of the resources. All these research aspects were subject of discussion by the working group.

Still within the introduction to the problem of the tuna/environment relationship, P. Kleiber presented a summary of past and future research on this subject in the United States. This research is mainly centered on the short-term effects of the environment, i.e., attempting to determine how the environment affects the day-to-day activities of the fisheries. This research is to help fishermen reduce their searching time. The main stocks covered by this research in the U.S. are the north and south Pacific albacore, Hawaiian skipjack and east Pacific tunas.

Particular mention should be made of the Hawaiian research laboratory which has pools where many unique experiments can be carried out on the physiology of tunas, an essential factor for understanding the mechanisms of the environmental effects on tunas.

U.S. research in this field should be developed and cover the medium- and long-term effects of the environment on tunas, in particular, through recruitment and large-scale climatic changes.

3 . PRODUCTIVITY OF OCEANICWATERS AND TUNAS

Discussion of this agenda item was encouraged first of all by news from Hisard. It appears that paying very close attention to oceanographic phenomena, such as El Nino, could mask the existence of long-term climatic trends (periods of 10 years or more). The existence of cold periods with strong winds and intense upwellings, or on the contrary, of warm periods, seems indisputable, according to Rebert, after the results of much research on winds (Servain), and salinity (Dessier). There is also a more or less periodic oscillation in "warm" and "cold" events which affect the three oceans, given the undulating aspect of the transmission of climatic signals. These trends seem to influence the populations of living animals (increase in the productivity of the waters around Hawaii for the last ten years), their distribution (the disappearance of bluefin tuna in the North Sea since 1950 could be an example) and their catchability. It seems, however, very difficult to pinpoint these oscillations, in time and quantity, given the very wide variability introduced by the methods and conditions of measuring the different oceanographic and climatic parameters, the precision of which is sometimes dubious.

The document by Lemasson underscored, in the first place, the archaic character of the investigations aimed at correlating tuna abun-

dance with surface temperature, as well as the extreme difficulty of establishing relationships between the presence of tunas and any food sources. Focusing research too closely on the well-known areas of high primary productivity does not take into account the fact that the tunas have a very wide-spread habitat which leads them in a still unexplained way to frequent oligotrophic areas (unjustly qualified as poor) which represent, on the surface, the largest part of this habitat. Lemasson observed that these meso - and oligotrophic areas are in fact the center of enrichment phenomena where the new productivity is high ; these enrichment processes generated by the wind on a small time-area scale (micro-upwellings), which are quite variable, give these vast areas a "leopard-skin" aspect, for which it should be possible to quantify the importance of the new productivity. The ultimate goal of this type of work would be then to predict the appearance of these micro-systems, to understand the overall dynamics, to predict their appearance and to assess the relationships between tunas and fishing within these micro-systems. According to Morlière and Rebert, it hardly seems viable to model these micro-events as a whole. Various comments were made and questions asked after this presentation. In particular, the existence of indices which really take into account this "leopard-skin" structure, on an ocean-wide scale, was questioned. It remains difficult at the present time to answer this question ; it is noted, however, that overall the areas of tuna concentration reproduce more or less constantly year after year. The hypothesis that tunas are capable of detecting anomalies and of moving from one anomaly to another has been formulated. The nature of food chains (short in the areas of upwellings) and their relation to the presence of tuna was discussed at length, without arriving at a clear explanation. The subject has still not been studied sufficiently and is, a priori, extremely complex.

Herbland, in his document "Oligotrophy and eutrophy : Cause and effect relationships", summarized the knowledge on the production systems in the oceanic environment. He emphasized that from around 1970 a maximum level of chlorophyll was observed at the level of the nitracline and the thermocline (although a significant lag between the two structures was often observed). This chlorophyll corresponds to living phytoplankton at a depth of 50-100 meters, where the level of light is low (3 percent of that of the surface). There can be blue surface improductive water and a maximum new production in the deep water, at the level of the nitracline where the maximum assimilation of nitrates takes place. This leads to assume a direct relationships between the total production and the depth of the nitracline ; the fact that this is only based on the nitrates limits its scope. The sampling methods used sometimes do not detect transitory phenomena (sudden whiffs of nitrates in oligotrophic

areas), and measuring techniques (technicon and C14), mainly used up to very recently, seem unconfirmed. Also, it seems that in the oligotrophic area the growth rate and the net production is not as low as thought until recently. The existence of nano-phytoplankton (<1 micron) in oligotrophic waters and its increasing abundance with the depth of the nitra-cline, was shown. It appears also that even in waters poor in nutrients, there can be high productivity, and especially in the oligotrophic area, the new production would be higher than was thought. Fundamental differences exist also in the food chain (length of the chain, duration of the cycle, size of the organisms) in the oligotrophic and eutrophic areas.

After this presentation, discussion centered on the almost total absence of knowledge of existing ties between the presence of tunas, their food and the production of plankton.

Leroy (IFREMER) then presented the results of analyses on the relations between the migrations of albacore, their fishery and the wind speed in the northeast Atlantic. It appears that a drop in the catches is usually observed around 10 to 20 days after a drop in the wind. However, these decreases in catches do not occur in the same way in all places, nor with the same intensity for different age classes. The hypothesis formulated is for that the older fish submerge and the younger fish escape. A decrease in the surface productivity, caused by the drop in the wind, could be the link between the wind intensity and fishing. However, uncertainties related to the lack of geographical concordance agreement in fishery and wind data, and the lack of simultaneity in their collection, were underscored. In general, the precision and the validity of data collected by the fishing boats, as well as the difficulty in collecting them, were the subject of discussions. It results that this article, in spite of its exploratory aspect, is a good example of studies conducted a priori, which lead to a number of well-defined research actions to verify and/or reformulate the hypotheses made in the preliminary analysis.

4 . MIGRATIONS AND ENVIRONMENT : SPAWNING , FEEDING

Cayré then presented a document on the migrations of tunas and the environment.

The idea, illustrated by a number of examples, was to show that the migrations of tunas are directed and oriented by different environmental parameters and phenomena (fronts, currents, swells, internal waves...). Since the sensitivity and the reactions of the tunas to a number of parameters are quantifiable, and that much environmental data are available for most of the oceans, an attempt must be made to model a priori the migratory schemes. This modelization, even done roughly at first, seems necessary for programming field research (tagging, for example) that could be more detailed and better defined than research usually planned.

The gradient intensity of different parameters (temperature, salinity, speed of the current, etc...) on the behavior of tunas often seems more important than the absolute value of the parameters themselves, within the tolerance limits. A good localization in space and time of these could constitute the basis of a preliminary model. Furthermore, P. Cayré, in recognizing the importance of nutrition in tuna behavior, stressed, as was done many times during this meeting, that the problem of the relationship between production of plankton and tuna nutrition remains unresolved and seems extremely complex to study : this leads to the idea of a migration model based on the principle that tunas should and in effect try to eat at more or less regular intervals. Such a model would completely exclude the food aspect ; it would be conceivable to take into account the existing knowledge and data on biology (physiology, behavior, etc.) of these species, as well as on their environment (physical chemical parameters, population structures). The collaboration of oceanographers, fishery biologists, ethologists, and experts on models is essential for developing and using these models.

The very interesting book by M. Sinclair, "Marine Populations : An Essay on Population Regulation and Specification", recently published, was summarized by Herbland. This book emphasizes the great importance of determining the structure of the larval retention areas (spawning area) to characterize and understand the size of the populations ("population" in the sense of unit of reproduction), its distribution and the number of populations for any given species. The possible significance of these factors for tuna stocks is not well known, but should be studied, in particular by comparing the different tuna species, from blue-fin tuna to skipjack, etc.

Stretta then reviewed what is known about tuna feeding. He especially stressed that the great diversity observed in the stomach contents prohibited almost all comparisons of individuals caught in different environments. Furthermore, there is always great differences in the stomach contents of tunas and the results of the plankton hauls carried out in the same area ; numerous preys of the tunas are, in fact, sufficiently rapid to escape the plankton hauls (avoidance). During the discussions which followed, the impossibility of relating tuna abundance (and their food) to abundance of plankton (productivity) in the area, was once again considered. The results which seem to indicate that tunas do not feed on the important meso-pelagic fauna (myctophids among others) were discussed. These results are based on detailed analyses, in particular those of Roger and Grandperrin ; Bard commented on the illogical and contradictory aspect of this result, taking into account the important feeding needs of the tunas and the apparently "poor" areas which they often inhabit.

5 . PROBLEMS IN ANALYSING FISHERY AND ENVIRONMENTAL DATA GENERAL CONSIDERATIONS

The problem was presented by Roy, based on studies on small pelagics (Cury and Roy, 1987 and 1988 ; Mendelssohn and Cury, 1987) and on tunas (Mendelssohn and Roy, 1986).

There are two possible approaches :

- The first consists of directly studying the relationships between the CPUE and the environment. This concerns the environmental parameters which make the stock accessible, that is, accessibility phenomena and catchability of the resource.

- The second is to try to understand the influence of the environment on one part or on the entire ecosystem. This is a very ambitious approach, as this process needs an understanding of the existing relationships between the ecosystem and its environment (reproduction, survival of larvae, food, and catchability according to the environment). This approach definitely involves many research fields.

If the short-term variability can explain the relationships between temperature and CPUE, then the thermic scenarii (changes in temperature and not its instantaneous level) can, following an enrichment, explain the variations in the CPUE. The analysis of seasonal variability and of the time-area structure of the CPUEs can provide a scheme of real change in the resource, and not simply reflect the fishing vessel searching pattern, as is often the case with the analysis of catches alone. Their joint analysis shows a strong coherence between the changes in the CPUE and the seasonal variability in surface temperatures ; they are closely related to the changes in upwelling and agree well with migratory schemes.

Attempts to relate the variations in the intensity of upwelling to the short-term variability in CPUE very often result in failures ; for example, no CPUE/upwelling relationship has been found on a between-year scale in Côte d'Ivoire nor in Senegal. This suggests that the problem has been approached badly ; the problem is then to determine the significance of the CPUE as an index of local abundance. This necessarily includes an element related to the environment as well as to the fishing strategy. Furthermore, the validity of the environmental parameters used (those available are often the easiest to collect, but not necessarily the most pertinent) is unconfirmed ; for example, the parameters which influence the small pelagics do not seem to influence the tuna CPUEs.

All this shows the necessity for reconsidering theories concerning the CPUE and the estimate of variability in a fishery, before continuing research in the present direction. In particular, the time-space scale problems are important and should be better studied. For example, as re-

gards the coastal pelagics, the variability in recruitment seems to depend a great deal on the high frequency variability of the environment. Phenomena of migrations must no longer be neglected ; the very regular migratory scheme which is often observed in tunas can paradoxically explain a large part of the CPUE variability. For example, the overall seasonality of tuna fishing in the Atlantic is very regular, although the more short-term variability (exact location in time and space) is not foreseeable.

During the discussions, Stretta did not agree with the conclusions of Roy-Fonteneau on the 1984 anomaly in the Cap Lopez area (SCRS/86/77). He felt that if the positive anomaly of the surface temperature (and the absence of a front) did not have any apparent consequences on fishing (the existence of a fishery with classic time and location), it is probable that the thermocline was very high (7-10 meters). In fact, the frontal zone should be considered both horizontally and vertically and therefore the surface temperature is not necessarily a good index. This could be a limitation of Stretta's praxeological model which is based only on the thermal surface data. Roy felt that the problem should be approached not by rapidly looking for hypothetical correlations, but rather by studying the processes and by deducing hypotheses that could then be tested.

Fonteneau stressed that this clearly shows the limitations of the method, while Stretta suggested that focus should not be placed only on what happens in a given instant. Hisard added that there are not just thermal fronts but also salinity fronts, whose importance was shown on skipjack in the west Pacific.

Pianet felt that a balance was possible between the two methods (systematic correlations/reflexion) : for instance surface temperature could be an important parameter, without having to explain everything. The important changes that may take place within a fishery must also be taken into account : these changes in tuna behavior should be considered as well as environmental changes. For example, in the tropical Atlantic, the comparison of the situation prior to 1975 (baitboats and small seiners regularly fishing, with moderate catch rates, a resource that was apparently well distributed in the area) to the present situation (large purse seiners fishing irregularly on the very large concentrations with very high catch rates), must take in account the changes in fishing patterns.

Herbland stated that you had to be careful of "windows" which tend, and investigate an adequate dimension : a compromise between a too large scale (too many data, but phenomena too smooth to be identifiable) or a too fine scale (good definition, but insufficient data).

Fonteneau noted also that the behavior of the fishermen should be modeled : their skill and the variable mixture of rational (experience)

and stochastic (uncertain searching of a significant catch) searching patterns. The theoretical models (Allen and Mac Glade 1986) suggest that a purely rational exploitation would underexploit the stocks.

Pianet concluded by suggesting that geographical areas with simple conditions should be selected, as they are easy to interpret according to the questions to resolve ; for example, CPUE/catchability relationship should be studied where they seem easier to understand.

6 . FISHING AND ENVIRONMENTAL DATA : SOME EXAMPLES

6.1. MADEIRA

Mrs. Gouveia, of the Madeiran laboratory, presented the problem of the tuna and environment relationship in the area around Madeira.

The Madeiran tuna fishing is practiced mainly with baitboats and targets on medium - and large-sized bigeye. The catches fluctuated around 4,000 MT from 1960 ; then they reached 5,000-6,000 MT from 1973 to 1978, and then fell to, and remained, at around 1,000-1,500 MT, in spite of the rather stable fishing effort. The catches are made around the islands and submarine sea mounts ; they show a seasonal cycle marked by two maximum periods in April-June and at the end of the year. During the last few years, significant changes have occurred in the fishery, in particular in the size of fish (which are much smaller) and in fishing area. The large bigeye were totally absent from the fishery from 1980 to 1987, although the oceanographic conditions, temperature and oxygen) remained stable overall. This seems to be due to the disappearance of the second fishing period (end of the year). Furthermore, it was also noted that during the same period, the longline fisheries in the area showed quite stable CPUE on bigeye. This is a good example of a stock in good condition subjected to stable effort, but for which the local characteristics completely changed without apparent motive. If this modification is caused by the environment, it is still unexplained.

6.2. AZORES

Pereira of the Azores then described the Azorean tuna fishery, which is rather similar to the Madeiran fishery. The area has strong seasonal variability (more than 10°C difference between the winter and summer surface temperatures), with a strong seasonal alternation of species according to the temperature, bigeye in the cold (16-20°C) season and skipjack in the warm (21-26°C) season. There is a marked contrast between good years for bigeye (cold summers) and for skipjack (warm summers). The Azorean fleet moves around in the area according to the increase in surface temperatures, as the bigeye are concentrated in the northwest part of the fishing area. The large individuals are caught in

April-May (when the thermocline is absent) in small numbers, then the catches increase (fish are more numerous and smaller) when the thermocline appears in July (maximum in September). The reappearance of large bigeye during storms shows that they are still present in the fishing areas, but are not accessible to baitboats. Yellowfin are not usually caught by the baitboats, but the presence of a purse seiner for three years showed that yellowfin were present although at intermediate surface temperatures (19-22°C). In 1988, the temperatures were normal at the beginning of the season, but were very high at the end of August, leading to exceptional catches of skipjack but not of yellowfin nor of bigeye. The drop in bigeye catches observed in Madeira since 1979 was not observed in Azores, in spite of the higher latitude.

6.3. West Pacific

Pianet described the oceanographic conditions in the west Pacific which includes a predominance of the between-year signal (ENSO, with two recent occurrences in 1982/83 and 1986/87) on the seasonal signal, and a well identified system of currents/countercurrents on a very large scale. The west Pacific has been the object of regular monitoring thanks to a network of merchant vessels since 1969 (for surface data) and since 1979 (for XBT), as well systematic cruises every two years since 1984. He also reported on the PROPPAC program (carried out from Noumea), whose objective is to estimate the influence of climatic variations, through the hydrologic structure, on the off-shore pelagic production in the west Pacific.

The Tuna/Environment Program itself is carried out in collaboration between ORSTOM and the South Pacific Commission (SPC) which manages the regional tuna data base. The area studied is presently limited to the western part of the SPC region (135° to 180°E), between 6°S-2°N. It is divided into six subregions according to the distribution in latitude of the currents : three in the 6°S-2°N latitude (northern branch of the Equatorial Current, EC, and the Equatorial subcurrent, ESC), 2°-8°N (North Equatorial Countercurrent, NECC), 8°-16° (North Equatorial Current, NEC), and two in longitude (135°-160°E, 160°-180°E). In each of these "boxes", and for the 1979-1988 period, the time series of different oceanographic parameters (surface temperature, salinity, surface chlorophyll, depth of the thermocline compared to the 20°C isotherm and the thickness of the homogeneous surface layer compared to the depth of the 27°C isotherm) were calculated, and their anomalies were standardized. An estimate of geostrophic movements of these currents (1979-85, SURTROPAC Group) has also been used. The series corresponding to skipjack (*Katsuwonus pelamis* or Pacific bonito) were calculated for Japanese baitboats and purse seiners and distinguished the fishing method (free

swimming schools, or schools under floating objects). The results for the areas east of 160°E were presented.

Some correlations between the CPUE and certain oceanographic parameters (homogeneous layer, thermocline, water movements) were estimated. The baitboat CPUEs generally show a good relation with the intensity of the movements of the NEC and the NECC, confirming Tanaka's hypotheses (1980). The relation is not so clear with the thermocline. For purse seiners, the results are more ambiguous : surprisingly, no relation was observed between the catches of free schools (taken without floating objects) and the depth of the thermocline ; on the other hand, regarding the catches under floating objects, a relation is observed with the intensity of the movements (positive in the EC, negative in the NEC, with opposing variations). Regarding the influence of the ENSO, the warm periods have a positive effect during the maturing phases and the beginning of the crisis phase for baitboat catches ; their effect on the purse seiners is less evident, but rather negative. This information, which needs to be studied in greater detail, is supported by articles in specialized Japanese press for 1986-87.

These ambiguous preliminary results show the problems in methodology : appropriateness of the time-area strata used (even if they seem "intelligent"), "primitive" statistical methods, problems related to fishing as well as physical data, which prevent using a sufficiently fine scale. The incompleteness of the fishing data base makes more detailed analyses difficult. The following step would be to use 2'x5' squares together with a principal components analysis : the seasonal and between-year variability should be separated. A lengthening of the time series (since 1969) for Japanese baitboats and for surface data is possible and desirable. Some developments in the new methods advocated by Roy and Mendelsohn are foreseeable, but should be conducted by specialists in these methods.

6.4. *Indian Ocean*

Marsac presented two papers concerning this area. The first dealt with the relationship between the environment and longline fishing ; the second dealt with the relationship between purse seine fishing and the environment in the upwelling area of Somalia. The first study showed that no simple relationship could be observed between different conjunctions of subsurface hydrologic parameters (temperature and oxygen content dissolved at 100 m, immersion of the thermocline, intensity of the maximum thermal gradient in the thermocline as well as its immersion) and longline CPUE for yellowfin as well as bigeye. Two areas are stressed, the Mozambique channel and the Somalia region, in which the seasonal variability in catch rates is greater than in other strata examined. These two regions produce characteristic hydrological phenomena

(converging whirlpools and, in particular, upwelling in Somalia) which must affect the spatial distribution of the biomass.

Some limitations were mentioned which could explain the absence of clear relationships : the low spatial resolution of the data (unitary 5' by month strata) is particularly critical in the areas where the hydrologic structures show large contrasts within the same season. The longline CPUE, however, is a poor abundance index of the adult stock. Finally, the degree of relationship between adult tuna and their environment can be questioned.

Marsac then presented the paper "purse seine tuna fishing" which he presented to the IPTP meeting in June 1988. Several correlations are made between purse seine tuna fishing and different environmental parameters (wind, temperature, oxygen) in the Somalie Basin (0°-12°N, 43°E-60°E). These analyses show that the variability in catches and catch rates could in part be explained by changes in the local hydroclimate, if a time lag is taken into account in the analyses. It seems particularly important that the gradients for which the different parameters are observed be taken into consideration. A forecast of areas favourable could be based on the definition of an optimal "window" of conditions.

Many comments were made on the significance to be applied to the catch per unit effort (CPUE = abundance or catchability ?), given the lack of precision in this index and the difficulty in comparing the CPUE of one gear or fishery to another.

6.5. Analysis of fishery and environmental data : wich approaches ?

It is evident that the problem is one of approach : a preliminary statistical study of the variability in catch per unit effort (the main parameter, if not the only one, permitting evaluation of variations in the populations) is necessary. New statistical approaches should be considered ; since the traditional methods (such as that used by Roy - Mendelssohn (1986) in the Atlantic) are not sufficient. Reference was made to other methods : multiple and non-linear regressions, empirical transformations of data, taking into account the threshold effects, which can give an idea of the form of the relationships between the descriptive parameters of the environment and the parameters characteristic of the stocks (cf the article by Cury Roy 1989 on optimal environmental windows).

A revision of the use of traditional environmental parameters should also be considered. It is becoming more and more necessary to take into account the delay between the explained and explanatory variables as well as the derivatives of the parameters (gradients, instability, turbulence). Research in the heterogeneous areas is also important (cf chlorophyll maps or water colour).

The tuna fisheries in the three oceans should also be compared, all the more so because ORSTOM is the only organism which could successfully carry out such a study on a world-wide scale.

The Atlantic has diversified, relatively old, rather clearly seasonal fisheries. These are excellent and complete fishing statistics, as well as an effective scientific monitoring for a fairly long period. The stocks are rather heavily exploited ; the CPUE represents a combination of the real abundance and catchability. The oceanographic situation is very seasonal with more or less marked between-year variations. There are good oceanographic series, although relatively recent, and good possibilities for reconstructing by modelization the entire existing period. Remote sensing has been routinely utilized (METEOSAT) for many years.

The Indian Ocean fisheries are only slightly diversified, and the surface fisheries are recent. The fisheries are very seasonal and there are excellent fishing statistics and good scientific monitoring for a short period ; the exploitation rate is uncertain, the CPUEs probably represent the variations in catchability more than the in real abundance. The oceanographic situation is very seasonal, with relatively marked between-year variations (probably an intermediate situation between the Atlantic and the western Pacific). There is no permanent oceanographic monitoring, but the reconstruction of series by modelization is probably possible. The use of remote sensing will be routine (NOAA) after 1989, from the new ORSTOM station at Reunion Island.

The west Pacific fishery is diversified, relatively old, moderately seasonal. Fishing statistics are good up to 1979, then mediocre since 1980 ; the possibility for improvement exists as there are statistics in Japan and the U.S.A. which are not presently available. Scientific monitoring was variable for a rather long period ; the exploitation level is fairly low for the surface fishery, but quite high for the longline fishery. The CPUE basically represents fluctuations in catchability. The oceanographic situation is only slightly seasonal, with marked between-year variability (ENSO). There is rather long and good oceanographic series with a possibility (less immediate than for the Atlantic) of reconstructing by modelization a long period. The use of remote sensing is possible (NOAA, CMS ?, others, Japanese ?)

The eastern Pacific has been studied well for many years by IATTC for tunas, and by various American laboratories for the environment. Fishery data as well as environmental data are good overall, and are for a long period. All research carried out on a world-wide scale should try to cover this area, through possible joint research programs with specialists in this field (IATTC, Hawaii, Monterrey, La Jolla).

In summary, various points are brought out : the general problem of fishery/environment relationships could be considered in a wider view,

each geographic sector identifying the aspects it would best be able to solve : recruitment, accessibility, local catchability, seasonal or between-year variability....

Imagination is needed to help choose the environmental parameters to be taken into account, in particular considering their derivatives and the lag effects.

- New approaches, especially at the level of statistical methods should be attempted, in collaboration with specialists in these methods ; a wider diffusion of these methods would be necessary (theoretical references, existing training programs in these methods for scientists...). The detailed preliminary study of the variability of the CPUE is essential and the problem of the choice of time and area scales is crucial (cf Appendix 3, Item 2).

- Supplementary efforts should be made to study the heterogeneity and the discontinuity of the environment on a finer scale : bubbles of cold water, whirlpools, colour fronts (cf maps made by C. Dupouy)... In particular, the use of a "simplified" method could be used in analyzing satellite data of water colour (which would permit, for example, the use of sensors less sophisticated than the CZCS) or of STT, to show the discontinuities.

- Detailed studies (cf study of upwelling in Somalia) from numerous oceanographic cruises available in the fishing areas (in particular in the Pacific) could also help to define working hypotheses.

7 . REMOTE SENSING AND ENVIRONMENT OF TUNAS

Several different presentations were made on this theme :

Marec : Oceanography and satellite remote sensing by the METEOSAT satellite.

Dupouy : Fronts and colour structures described by CZCS around New Caledonia.

Leroy (IFREMER, Nantes) : Satellite remote sensing and albacore (*Thunnus alalunga*) fishing in the northeast Atlantic.

Stretta : Forecast in tuna fishing areas : What parameters and what models ? The praxeological answer.

In additional to the scientific presentations, Noel outlined ORSTOM remote sensing and its recent developments on Reunion Island.

Marec first presented the routine work carried out by ORSTOM in Lannion and reviewed the map-making methods of the surface thermal field in the Atlantic, such as those used by ORSTOM for the last ten years from algorithms conceived by Citeau ; Marec also presented new procedures for satellite transmission of temperature maps of the Gulf of Guinea, directly to the purse seiners from Lannion. These surface temperature maps seem to be very much appreciated by the fishermen who re-

ceive them, although their real contribution to improving the catch rates by making the searching pattern more effective remains difficult to evaluate.

Leroy then presented the work by IFREMER during the last few years on remote sensing applied to albacore fishing in the North Atlantic, Azores and the south of Ireland. The purpose of this work was to determine the areas of albacore concentrations, as albacore is a species particularly found near frontal zones where the temperature is between 16° and 20°C. This work has been halted at present by IFREMER due to the cost of its operation, to the low economic importance of the French albacore fleet, and to the development of new fishing techniques (gillnet and paired pelagic trawls).

Dupouy then presented her work on the CZCS images, water colour, in the maritime province of New Caledonia. The contributions of the CZCS to hydrographic knowledge in this region are important ; in particular, the detection by CZCS of fields of *Trichodesmium oscillatoria* in summer, and the evaluation of the surfaces covered by these algae. This alga has the peculiarity of retaining the atmospheric nitrogen, which leads to an enriching of the water, which is not at all negligible, as these algae cover large surfaces. In addition, to the south of New Caledonia, the CZCS has permitted observation of very localized blooms of chlorophyll in an area known to be a "poor" area.

Dupouy reiterated that it was interesting to have a water-colour sensor to investigate the fronts and to determine their maturity. These observations raise the problem of research and monitoring of this type of structures in the future, given that the CZCS is no longer in operation.

The answer will be provided by the launching of SPOT-4 and of its water-colour sensor around 1994. Another possibility would come from a water-colour sensor on board an American LANDSAT-series satellite.

The CZCS data should revive interest because following recent work by Morel (France) and Collins (U.S.A.) and the model which they developed, it seems possible to evaluate directly the primary productivity from these CZCS data on chlorophyll.

Stretta then presented an article prepared for the Shimizu symposium (Japan, October, 1988). He first explained, from knowledge of the hydrological past of water masses and from the cooling of the surface, how it has been possible to construct a previsual PREVI-PECHE model. This knowledge of the hydrological past leads to breaking down the succession of events - enriching, maturing, stabilization - which contribute to the presence of potential food for tunas.

Several participants questioned the general nature of this hypothesis, without completely rejecting it. The problem of the validation of the previsual model and of the evaluation of its performance remains.

The discussion then centered on the opportunity to create in France a Group of Professional Interest (GPI) to exploit and distribute remote sensing data to people concerned with fishing, thus making completely operational the scientific results acquired. It was pointed out that ORSTOM has recently published the results of the aerial radiometry group.

Stretta also briefly reviewed this work of the aerial radiometry group in the three oceans during these last ten years and mentioned the Harem operation. This operation, which consists of flying at a high altitude over the tuna schools with an airplane equipped with a synthetic opening radar to detect tuna schools, should take place in the Mediterranean during the summer of 1989. If this method proves to be effective in counting and evaluating the schools, it could be very useful in short term fishing activities, as well as in future research (tunas, dolphins, etc...).

8. MODELIZATION

8.1. Modelization of the physical environment

Morlière introduced this subject. Due to the significant progress achieved during the past decade in the field of modelization, the numeric models of the ocean have become essential tools in order to understand oceanic mechanisms. The fitting of the models to observations by data assimilation methods improves the quality of simulations and allows considerations of these models as time-area interpolator of observations of the oceanic environment. It is still somewhat difficult to use these models systematically, in particular as regards the quality of the fields of external constraints (wind and the thermodynamic flow to the interface which constitutes the motors of the model and for which knowledge is presently insufficient).

A modeling experiment operating in quasi-real time in the intertropical Atlantic fishing area was undertaken with the help of the general circulation model "OPERA" of the LODYC (University of Paris 6). The assimilation experiments of the observed thermic profiles led to some improvements in the performance of the model. An instrument for permanently observing the ocean is also available which will be used to prepare a historical series from 1982 to the present and which will allow monitoring in quasi-real time of the physical environment (temperature, salinity and speed of currents). The XBT data of the TOGA observation network are used to adjust the model each month.

The studies of tuna/environment relations can be conducted from the data of this "permanent observer" of the ocean from a completely new angle ; they will be used in 1989 for an analysis of the yellowfin fishery in the off-shore area during the years 1982 to 1988, i.e., covering the important 1983-84 anomaly.

A modelization project of a coastal fishing area (Senegal-Mauritania) is also going to be undertaken. This project will develop a high-resolution model of the coastal area included in the model of the inter-tropical Atlantic. During the following years, this model should be developed and tested. Then its application to the study of relationships between the changes in the physical and biological environment and the real-time monitoring of the environment associated to a fishery, can be envisaged. Such an instrument could serve as a basis for many studies, in spite of its complexity, in particular if coupled with a productivity model.

8.2. Modelization of the behaviour of dolphins

Kleiber presented this type of modelization, the TOP model, which he is developing at present in La Jolla (USA).

This model studies the behaviour of dolphins associated with tuna schools in the eastern Pacific, according to information collected by tuna fishing boats and research vessels. The fishing vessels provide abundant but biased information as they search for tuna schools ; the information from the research vessels is rather scarce but not biased. How does this explain that in 1983, these two types of information coincided but are somewhat different the rest of the time ? Can a modification in the distribution of dolphins be attributed to the environment of a certain year (ENSO year) ? Could this new dolphin distribution cause the two samples to coincide ? A model based on logistic assertions concerning the behaviour of dolphins was developed to try to answer these questions. An animated presentation of this model was made on the computer. This type of model could easily and usefully be developed for tunas, in order to better evaluate the determinism of migrations and of concentrations.

8.3. Statistical modelization

Roy then summarized this type of modelization.

Mendelssohn (SWFC, Monterrey) has updated a set of statistical tools used in carrying out multi-variate non-linear analyses of fishery and environmental data. They can explain the positive or negative correlation existing between recruitment of the sardinella stocks in the Gulf of Guinea and the temperature of the water. The use of these tools is rather unwieldy and complex ; it requires a heavy intellectual investment and significant data sets, but the potential results seem very interesting.

8.4. Conclusion on modelization

The new modelization techniques using the enormous progress in modern data processing (from the PC to the CRAY2...) can lead to considerable progress in the analysis of parameters and mechanisms as well as

the development of new working hypotheses. This multi-disciplinary and multi-ocean research is difficult to carry out due to the diversity and complexity of the fine data bases (fishery and environment) and to the mathematic techniques which must be used. There must be a way, however, to direct the research teams, ORSTOM scientists in particular, which have available a variety of research themes covering many oceans. These models should lead, in time, to definite progress in the understanding of the mechanisms as well as the forecasting of phenomena.

9 . CONCLUSION : SYNTHESIS OF RESEARCH ACTIVITIES, PLANS FOR FUTURE RESEARCH

Much discussion took place on this Agenda Item. Due to the heterogeneity of these very interesting discussions, the rapporteur felt it would be better to summarize them into six topics which will be dealt with in Annex 3 :

1. Why have tuna/environment research ?
2. On what scale should these research be carried out ?
3. What parameters are necessary ?
4. What related research is necessary ?
5. What modelization ?
6. What are the plans for future research ?

**APPENDIX 1:
LIST OF PARTICIPANTS**

- AUBRAT Jean ; ORSTOM TOA 213 rue Lafayette - 75480 PARIS
- AUMEERUDDY Riaz ; Centre ORSTOM COB BP 70 - 29263 PLOUZANE
- BARD F.X. ;CRO BP V 18 ABIDJAN (COTE D'IVOIRE)
- CAYRE Patrice Antenne ORSTOM - Fisheries Research Centre, Albion Petite Rivière Ile Maurice
- DIOUF Taïb ; CRODT BP 2241 - DAKAR (SENEGAL)
- DONGUY Jean René ; ORSTOM COB BP 70 - 29263 PLOUZANE
- DUPOUY Cécile ; ORSTOM BP A5 Nouméa Nouvelle Calédonie
- FONTENEAU Alain ; CRODT BP 2241 - DAKAR (SENEGAL)
- GAERTNER Daniel ; ORSTOM Apdo 373 Cumana (VENEZUELA)
- GOUVEIA Lidia - Fisheries Biology Department, Fisheries Directorate 9000 FUNCHAL - MADEIRA Portugal
- HERBLAND Alain ; CREMA L'Houmeau 17 La Rochelle
- HISARD Philippe ; ORSTOM BP 5045 - 34022 - MONTPELLIER
- JARRIGE François ; ORSTOM TOA 213, rue Lafayette - 75480 PARIS
- KLEIBER Pierre ; NMFS, PO Box 271, La Jolla CA 92038 - USA
- LEROY Claude ; IFREMER BP 1049 - 44000 NANTES
- MAREC Louis ; Antenne ORSTOM CMS BP 147 - 22302 LANNION
- MARSAC Francis ;Centre ORSTOM BP 70 - 29263 - PLOUZANE-BREST
- MORLIERE Alain ; LODYC/Université Pierre et Marie CURIE - PARIS

- PEREIRA Joao ; Universidade Dos Açores - 99000 Horta-Açores (PORTUGAL)
- PIANET Renaud ; ORSTOM - BP A5 - NOUMEA NOUVELLE CALEDONIE
- REBERT Jean-Paul ; COB Centre TOGA 29263 - PLOUZANE
- ROY Claude ; CRODT BP 2241 - DAKAR (SENEGAL)
- STRETTA Jean Michel ; ORSTOM BP 5045 - 34022 MONTPELLIER
- TURNER Steve ; NMFS MIAMI U.S.A.

APPENDIX 2 :
LIST OF DOCUMENTS

Cayré, P. - Tuna migrations : behavior triggered and guided by the environment (French).

Dupouy, C. - Fronts and structures of colour described by CZCS around New Caledonia (French).

Fonteneau, A. - Environment and tropical tunas in the Atlantic. Introduction to the problem (French).

Gouveia, L., Amorim, D. Valas, T. Araujo - Tuna fishery and environmental data collected in Madeira 1960-1987 (English)

Herbland, A. - Oligotrophy and eutrophy : cause and effect relationship ? (French).

Hisard, Ph. - Between-year variability in tropical oceans (French).

Kleiber, P. - A review of american research on the question of tuna and environment (English).

Kleiber, P., E. Edwards - A Model of tuna vessel and dolphin school movement in the eastern tropical Pacific Ocean : technical description of model (English).

Lemasson, L. - Relationships between fishing production and environment (French).

Leroy, C. - Satellite remote sensing and fishing for albacore (*Thynnus alalunga*) in the Northeast Atlantic (French).

Littaye, A. - Relations between wind speed and albacore catches. Example of the "August cessation in surface

Marec, L. - Satellite oceanography and the METEOSAT satellite (French).

Marsac, F. - Subsurface hydrology and longline tuna fishing in the Indian Ocean : A qualitative approach (French).

Marsac, F. - Purse seine tuna fishing and environmental conditions in the Somalie basin (0°12'N 43°E-60°E) at the cessation of the Southwest Monsoon (English).

Morlière, A. - Use of numeric modelization for permanent observation of the ocean (French).

Pereira, J. - Tuna fisheries of the Azores : A look at the relationship between tunas and the environment (French).

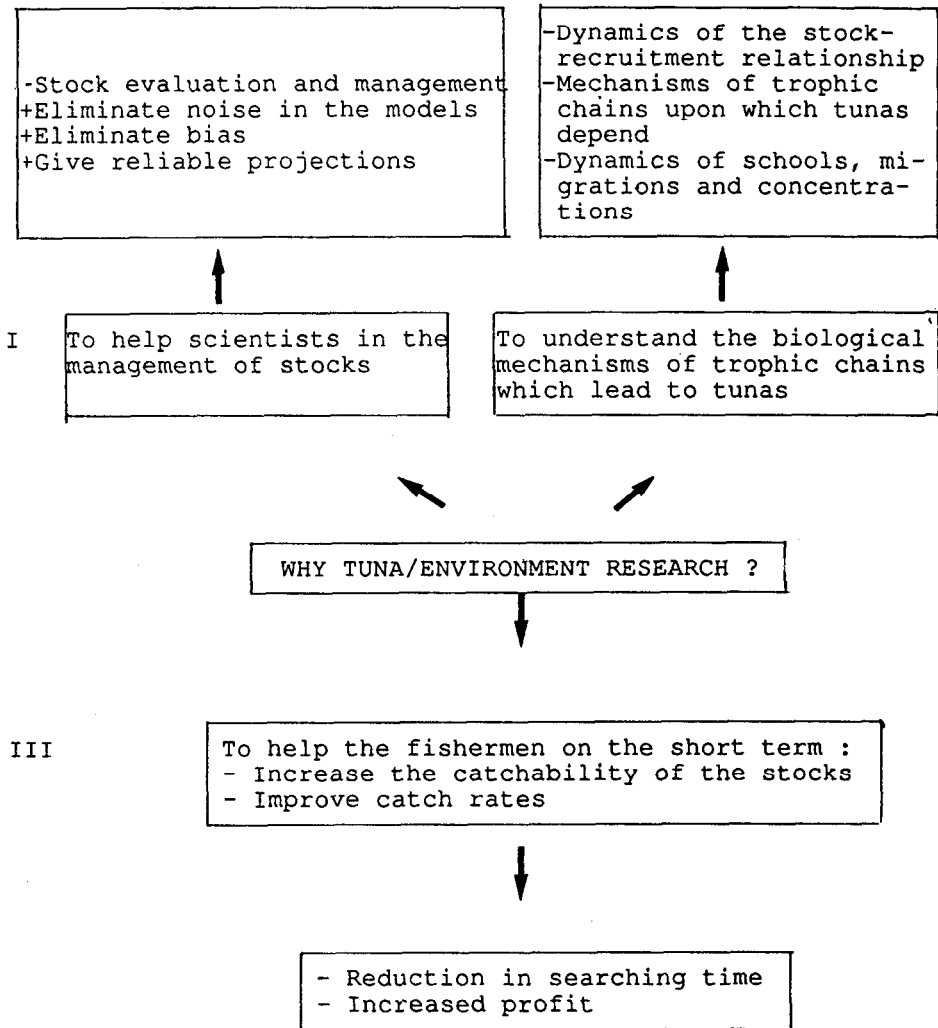
Pianet, R. - Oceanography and intertropical tuna fisheries in the Western Pacific : which significant large-scale parameters can be used ? (English).

Stretta, J.M. - Forecasting tuna fisheries areas : what parameters, what models ? The praxeological response (English).

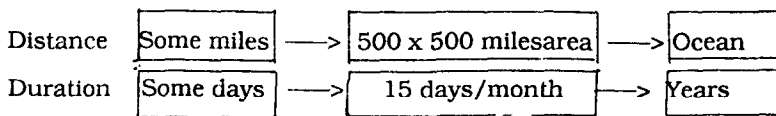
APPENDIX 3

SUMMARY OF WORK

1. WHY TUNA/ENVIRONMENT RESEARCH ?



2.- CHOICE OF A SCALE OF STUDIES



Examples : Analysis of concentrations related to fronts Study by Mendelssohn and Roy on SST and Atlantic Skipjack Forecast of SKJ recruitment from anomalies in atmospheric pressure

N.B. The choice of a time-area scale is fundamental and is pertinent to all the stages of the study : collection of data, by analyses and modelizations, projections and forecasts coming from research.

3. WHAT PARAMETERS ?

3.1. Environmental :

Parameters in four dimensions : latitude, longitude, depth and time :

- surface and subsurface temperature
- salinity
- subsurface oxygen.
- wind
- surface and subsurface currents, convergences, divergences, upwelling
- colour and transparency of the water
- topography of the ocean floor (plateau, submarine mountains)
- magnetism
- accumulation of floating objects
- etc...?

The order of importance and the choice of these parameters were discussed, but could only be decided upon case, by case according to the objectives of the program.

3.2. On fisheries and tunas :

- Exhaustive fishery statistics, by biologically correct species (caution with bias in logbooks !), by size, by gear, and type of fishing (swimming or associated with floating objects), and including information on the behavior of fishermen. The geographic and time strata are necessarily fin (for example, day and mile) for the large-scale studies as well as to correct a number of biases which are normal in fishery studies.

- Data from direct observations on tunas, other than in fisheries (for example by plane or research vessel) are very desirable as they are not (potentially) biased.

4. TWO IMPORTANT FIELDS OF STUDY

1. The studies on productivity mechanisms, phytoplankton for the feeding of tunas, and finally on tunas.

2. Studies on the physiology of tunas, for example, the ecology of larvae and juveniles, tolerance of different ages to environmental parameters, trophic needs, thermodynamics, orientation in the earth's magnetic field, etc.

These two research fields are relatively unprecedented. The results of this research are, however, of extreme importance in the interpretation of environment/tuna relationships and in the understanding of functional relationships which exist between the environment and tunas. The extraordinarily interesting results achieved in this field in the last 20 years in Hawaii and the necessity to develop these studies must be emphasized.

5. TUNA/ENVIRONMENT MODELS

5.1. Three fundamental constraints :

a) Process in four dimensions : latitude, longitude, depth and duration; very often there are time lags which must be taken into account. The situation of the tuna to time "t" depends on the changes in the environment to time t-2, t-1, etc. (simple correlations are thus excluded).

b) Existence of multiple variable and non-linear relationship : it is necessary to use complex and ad hoc mathematic tools to evaluate them.

c) Data are very often incomplete : it is necessary (and often difficult) to interpolate, in order to reconstruct the data base ; this is sometimes very difficult. The new "OPERA" type models (Lodyc, Morlière) can be of considerable help in the field of physical data.

5.2. Types of models :

Many models have already tried to take into account the effect of the environment on tuna resources and their exploitation. Much remains to be done, particularly in order to understand the functional relationships between the environmental parameters and the forecasts (otherwise there is risk of serious errors !).

In this field, the data base is on a world-wide level much richer than the knowledge base. The purpose of the development of models should be to reduce this hiatus and to improve understanding of the mechanisms.

6. SOME FUTURE RESEARCH PLANS :

1) Analysis of trophic networks associated with bubbles of cold water, on a very fine time/area scale, in the equatorial zone : analysis of the "leopard-skin" effect in the area of enrichment of the masses of water and of its possible effect on tuna concentrations.

2) Analysis of environmental conditions on a fine scale in the area of tuna concentrations, spawning concentrations or feeding ones (using in association satellite images, and observations from fishing vessels).

3) Analysis of each type of problem in concentrating research efforts in the area where the phenomena seem clearest, and for which the data are adequate (fisheries data in particular).

4) Develop a better world-wide and inter-laboratory coordination of research programs, in particular at the complex level of modelization.

5) Organize "world-wide" working groups by themes on the subject "Tuna and environment" ; if necessary, by looking for help and sponsors from organisms which coordinate research, IFIAS in particular.

APPENDIX 4 BIBLIOGRAPHY

P.ALLEN and J. MAC GLADE, 1986.- Dynamics of discovery and exploitation : the case for the scotian shelf groundfish fisheries. *Can. Jnl. Fish. and Aq. Sci.* 43 : 1187-1200

P. CURY and C.ROY ,1989-Optimal environmental window and pelagic fish recruitment success in upwelling areas. *Can J. Fish. Aquat. Sci.*, Vol.46,4;p 670-680

P. CURY et C. ROY., 1987-Upwelling et pêche des espèces pélagiques côtières de Côte d'Ivoire: une approche globale. *Oceanologica Acta*, Vol.10, n°3:347-357.

A.DESSIER , 1983.- Variabilité spatiale et saisonnière des peuplements épiplanctoniques des copépodes du Pacifique tropical sud et équatorial (est Pacifique). *Oceanologica acta*. 1983. Vol. 6 n° 1 p. 89-104.

A.FONTENEAU et C.ROY , 1987.- Pêche thonière et anomalies climatiques de l'environnement dans l'Atlantique tropical Centre est en 1984. *Rec. Doc. Scient. ICCAT* Vol. 26 (1) p. 228-236

R.MENDELSSOHN et C.ROY , 1986.- Environmental influence on the french, ivorian, senegalese and morocan tuna catches in the gulf og Guinea. In *ICCAT. Proceedings of International Skipjack program*. pp. 170-188

C. ROGER et R. GRANDPERRIN, 1976.- Pelagic food webs in the tropical Pacific. *Limnol. Oceanogr.*, 21(5) : 731-5

J. SERVAIN ,J. PICAUT and J.MERLE, 1982-*Evidence of remote forcing in the equatorial Atlantic ocean*. *J.Phys. Oceanogr.*,12:457-463

T. TANAKA and M. YAO , 1980.- Catch relationship in four different skipjack areas in the western Equatorial Pacific. *SPC/Fisheries 12/WP 16*. Translation of Suisan Sekai, 29 (3)/58-63

INFORME DEL GRUPO DE TRABAJO ORSTOM "TUNIDOS Y MEDIO AMBIENTE"

PARIS, 12 - 15 septiembre 1988

1. OBJETIVOS Y DESARROLLO DE LA REUNION

El objetivo del Grupo de trabajo era reunir a especialistas en diversas materias y a organismos que realizan trabajos en el campo de los túnidos y el medio ambiente, con el fin de hacer un balance crítico de las investigaciones llevadas a cabo en el pasado y discutir las perspectivas de desarrollo en lo que se refiere al tema "túnidos y medio ambiente".

Tomaron parte veinticuatro científicos (Lista de participantes, Anexo 1), dieciseis de los cuales pertenecían al ORSTOM, y ocho a diversos organismos franceses y extranjeros.

Sus especialidades eran varias : biólogos de pesquería, especialistas en dinámica de poblaciones, oceanógrafos, especialistas en production y especialistas en teledetección.

Este documento trata de hacer una síntesis de los documentos presentados y de los debates entablados al respecto. La reunión fué presidida por A. FONTENEAU, quien coordinó la redacción del presente informe redactado por los Sres. CAYRE, PIANET, MORLIERE y STRETTA. La lista de documentos se presenta en el Anexo 2. Estos documentos serán facilitados por los autores previa petición.

2. INTRODUCCION AL PROBLEMA "LOS TUNIDOS Y EL MEDIO AMBIENTE"

A. FONTENEAU inició la reunión hablando sobre un artículo presentado al Comité Científico de ICCAT en noviembre de 1988, titulado "El medio ambiente y los túnidos tropicales del Atlántico. Introducción al problema".

El documento trataba de hacer un balance de los diversos efectos del medio ambiente sobre los stocks de túnidos (su distribución, su dinámica), así como sobre las pesquerías - de superficie y de profundidad - que explotan estas especies.

Resulta cada vez más patente, de acuerdo con dicho estudio, que el medio ambiente y sus cambios - a todos los niveles geograficos y temporales - constituye un factor importante en la dinámica de los stocks de túnidos y de su explotación, por lo que no se puede desestimar, como se ha hecho en el pasado, a la hora de desarrollar modelos y de llevar a cabo una gestión racional de los mencionados recursos. Buen ejemplo de ello es el gran descenso experimentado en la producción del rabil grande, observado a finales de 1983 y principios de 1984 en el Golfo de Guinea. Entonces, la causa se achacó a un nivel muy bajo del stock adulto. Los estudios más recientes y la rápida recuperación del stock sugieren que dicho

descenso era probablemente consecuencia de la termoclina, qué al encontrarse a profundidades anormales, había reducido la capturabilidad de los túnidos por parte de los cerqueros.

La investigación sobre la relación de los túnidos con el medio ambiente puede, por tanto, tener objetivos múltiples : permitir un mejor conocimiento biológico de las especies, una vigilancia más atenta de la evaluación y de la gestión de los stocks, así como conseguir una explotación más eficaz basada sobre un perfecto conocimiento del medio ambiente y de sus repercusiones sobre la distribución de los recursos. Todos estos aspectos fueron objeto de debate del Grupo de trabajo.

Siguiendo la pauta de está introducción, P. KLEIBER presentó un balance de las investigaciones americanas, pasadas y futuras, referentes al tema. Se habían centrado principalmente sobre los efectos del medio ambiente a corto plazo. Es decir, tratando de determinar en qué forma condiciona día a día las actividades de la pesquería. Las investigaciones tienen como objetivo ayudar a los pescadores a reducir el tiempo empleado en la búsqueda. Los principales stocks estudiados en Estados Unidos en el curso de Está investigación son el atún blanco del Pacífico Norte y del Pacífico Sur, el listado de Hawai y los túnidos del Pacífico Este.

Conviene mencionar las investigaciones llevadas a cabo en Hawai, cuyo laboratorio dispone de tanques en las que se han realizado múltiples experimentos únicos sobre la fisiología de los túnidos, factor esencial para comprender los mecanismos de acción del medio ambiente sobre estas especies.

La investigación norteamericana en este campo debería seguir su curso y tratar sobre los efectos, a medio y largo plazo, del medio ambiente sobre los túnidos, en particular en cuanto se refiere al reclutamiento y a los cambios importantes del clima.

3. PRODUCTIVIDAD DE LAS AGUAS DEL OCEANO Y DE LOS TUNIDOS

Los debates en este punto del Orden del día se vieron animados por la comunicación hecha por Ph. HISARD. Parece qué el prestar excesiva atención a fenómenos oceanográficos del tipo "El Niño", podría llegar a enmascarar la existencia de tendencias climatológicas de larga duración (periodicidad de frecuencia baja : 10 años y más). La existencia de periodos fríos con vientos fuertes y afloramientos intensos, o por el contrario, de periodos calidos, parece un hecho incontestable - de acuerdo con REBERT - a la vista de los resultados de varios trabajos sobre los vientos (SERVAIN), la salinidad (DESSIER). Habría también una oscilación, más o menos periódica, de los fenómenos "calidos" y "fríos", qué afecta a los tres océanos, dada la ondulación de la transmisión de las señales climatológicas. Estas tendencias parecen influir sobre las poblaciones de

animales vivos (aumento de la productividad de las aguas en Hawai desde hace 10 años), su distribución (la desaparición del atún rojo en el Mar del Norte desde 1950 podría ser un ejemplo) y su capturabilidad. Sin embargo, parece muy difícil precisar - en el tiempo y cuantitativamente - sobre estas oscilaciones, dada la gran variabilidad introducida por los métodos y las mediciones de los diferentes parámetros oceanográficos y climatológicos, cuya precisión es a veces dudosa.

La exposición de L. LEMASSON subraya en el preámbulo el carácter arcaico de las investigaciones que tratan de relacionar la abundancia de los túnidos con la temperatura de superficie, así como la extrema dificultad de establecer relaciones entre la presencia de túnidos y cualquier fuente de alimento. Un enfoque demasiado exclusivo de las investigaciones sobre zonas bien conocidas y con una importante producción primaria, no tiene en cuenta el hecho que los túnidos tienen un habitat muy amplio que les lleva - de forma todavía inexplicable - a frecuentar zonas oligotróficas (injustamente calificadas como pobres) que representan la mayor parte de dicho habitat en superficie. LEMASSON observa que esas zonas meso y oligotróficas son, de hecho, la sede de fenómenos de enriquecimiento en las que la nueva producción es importante; estos procesos de enriquecimiento generados por el viento a pequeña escala espacio temporal (micro afloramientos), muy variables, dan a estas vastas zonas un aspecto de "piel de pantera", y se debería poder cuantificar su importancia en producción nueva. El objetivo último de este tipo de trabajo sería pues, predecir la aparición de esos micro sistemas, entender su dinámica de conjunto, predecir su aparición y apreciar su relación con los túnidos y la pesca. Según MORLIERE Y REBERT, no parece posible hacer un modelo global de estos micro-acontecimientos. Tras esta exposición se plantearon preguntas y se entabló un debate. En particular, se planteó la cuestión de la existencia de indicios que atestigüen la realidad, a escala oceánica, de esta estructura de aspecto "piel de pantera". En la actualidad resulta difícil responder a esta cuestión; sin embargo, se ha observado que en general, las zonas de concentración de túnidos se reproducen de manera más o menos constante de año en año. Se mencionó la hipótesis según la cual los túnidos serían capaces de detectar las "anomalías" y desplazarse de una anomalía a otra. La naturaleza de las cadenas de alimentación (cortas en zona de afloramiento) y de su relación con la presencia de túnidos, fue tema de amplio debate, sin llegar a una clara explicación de la misma. Es un tema poco estudiado y, en principio, extremadamente complejo.

En su tratado sobre "Oligotrofia y eutrofia": relaciones causa-efecto", HERBLAND presentó los antecedentes de los conocimientos sobre los sistemas de producción en el medio oceánico. Recordó que a partir de la década de los 70 se detecta la existencia de un máximo de clorofila al ni-

vel de la nitraclina y de la termoclina (aunque a menudo se observa un importante desfase entre estas 2 estructuras). Esta clorofila se debe al fitoplancton vivo a profundidades de 50-100 m donde la luz es escasa (un 3% de la de superficie). Se puede tener un agua azul y pobre en la superficie y un máximo de producción nueva en el fondo, al nivel de la nitraclina, donde tiene lugar la mayor asimilación de nitratos. Esto conduce a postular la existencia de una relación directa entre la producción total y la profundidad de la nitraclina. El hecho de que este esquema solo se basa en los nitratos limita su alcance. Los métodos de muestreo utilizados no permiten a veces detectar los fenómenos transitorios (repentinamente bocanadas de nitratos en zonas oligotróficas) y las técnicas de dosificación (technicon y C 14) - utilizadas hasta hace poco - deben ser consideradas con precaución. Así, podría ser que la tasa de crecimiento y la producción neta en la zona oligotrófica, no fuesen tan bajas como se ha venido considerando hasta hace poco tiempo. Se ha evidenciado la existencia de nanofitoplancton (<1 micra) en aguas oligotróficas, así como su abundancia creciente de acuerdo con la profundidad de la nitraclina. Parecería pues, que incluso en aguas pobres en sales nutrientes puede haber una producción importante, y que - sobre todo en una zona oligotrófica - la producción nueva sería mucho más importante de lo que se pensaba. También existen diferencias fundamentales en las cadenas de alimentación (longitud de la cadena, duración del ciclo, tamaño de los organismos) de las zonas oligotróficas eutróficas.

Tras esta exposición, el debate versó sobre la ausencia casi total de conocimientos sobre los lazos existentes entre la presencia de tóxicos, su alimentación y la producción de plancton.

C. LEROY (IFREMER) presentó los resultados de análisis sobre la relación entre las migraciones del atún blanco, su pesca y la velocidad del viento en el Atlántico Nordeste. Parece que tras una caída del viento y con un desfase de 10 a 20 días, se viene observando un descenso en las capturas. Sin embargo, estos descensos en las capturas no ocurren de la misma forma en todos sitios, ni con la misma intensidad, en las diferentes clases de edad. Se establece la hipótesis de que los peces de más edad se sumergen y los más jóvenes huyen. Un descenso de la productividad en superficie provocado por la caída del viento podría establecer una relación entre la intensidad del viento y la pesca. Se manifestaron dudas acerca de la falta de concordancia geográfica de los datos de pesca y el viento y acerca del hecho de que estos datos no se toman simultáneamente. En forma más general, la precisión y la fiabilidad de los datos recogidos por los pesqueros, así como la dificultad que presenta esta recogida, fueron también temas de debate. La conclusión fue que el artí-

culo, a pesar de su naturaleza provisional, es un buen ejemplo de los estudios llevados a cabo a priori, que sugieren temas de investigación bien definidos para comprobar y/o formular de nuevo las hipótesis establecidas en un primer análisis.

4. LAS MIGRACIONES Y EL MEDIO AMBIENTE : PUESTA, ALIMENTACION

P. CAYRE presentó a continuación un documento sobre las migraciones de los tónidos y el medio ambiente.

La idea, ilustrada con numerosos ejemplos, tiende a demostrar que las migraciones de los tónidos están dirigidas y orientadas por diferentes parámetros y fenómenos (frentes, corrientes, olas, ondas internas..) del medio ambiente. Partiendo del hecho de que se puede cuantificar la sensibilidad y las reacciones de los tónidos a muchos de estos parámetros, y de que se dispone de muchos datos del medio ambiente referentes a la mayor parte de los océanos, urge tratar de desarrollar un modelo previo de los patrones migratorios. Estos modelos, incluso en borrador, parecen necesarios para programar actividades de investigación sobre el terreno (por ejemplo, marcado) y realizarlas con más detalle del habitual. El valor de intensidad del gradiente de los diferentes parámetros (temperatura, salinidad, velocidad de la corriente...) sobre el comportamiento de los tónidos, parece a menudo más importante que el valor absoluto de los mismos parámetros, dentro de los límites de tolerancia. Su buena localización en el espacio y en el tiempo podría constituir la base de un primer modelo. Además, P. CAYRE, reconociendo la evidente importancia de la nutrición en el comportamiento de los tónidos, recalca - como se hizo varias veces en el curso de la reunión - que el problema de la relación entre la producción de plancton y la nutrición de los tónidos sigue en pie y parece un terreno difícil de explorar. En base a ello, esta la idea de hacer una modelización de las migraciones basada en que los tónidos deben encontrar y encuentran alimento a intervalos más o menos regulares. Un modelo de este tipo excluiría totalmente el aspecto de la nutrición; se puede concebir, teniendo en cuenta los conocimientos y los datos existentes tanto sobre la biología (fisiología, comportamiento...) de estas especies, como sobre su medio (parámetros físico-químicos, estructuras dinámicas). Se considera indispensable la colaboración de oceanógrafos, halieutas, etólogos y modelizadores en la concepción y puesta en práctica de estos modelos.

El interesante libro de M. SINCLAIR "Marine populations : an essay on population regulation and specification", publicado recientemente, fue resumido por A. HERBLAND. El libro pone de relieve lo importante que es determinar la estructura de las zonas de larvas (zona de puesta), para llegar a comprender el tamaño de las poblaciones ("population" en el sen-

tido de unidad de producción), su distribución y el número de poblaciones por especie dada. No se sabe bien cual sería la importancia de estos factores para los stocks de túnidos, pero es una cuestión a estudiar, sobre todo comparando las diversas especies de túnidos, desde el atún rojo al listado.

J.M. STRETTA hizo una exposición sobre lo que se conoce acerca de la alimentación de los túnidos. Insistió sobre el hecho de que la gran diversidad del alimento encontrado en los estómagos estudiados, no permite hacer comparaciones entre ejemplares capturados en los diferentes medios. Por otra parte, se constata siempre una gran diferencia entre el contenido de los estómagos de túnidos y los resultados de recogidas de plancton con red en la misma zona ; muchas de las presas de los túnidos son lo suficientemente rápidas para escapar de las redes de plancton. Durante los debates entablados a continuación se trató acerca de la imposibilidad de relacionar la abundancia de los túnidos (y su alimentación) con la riqueza en plancton (producción) del medio. Se debatieron los resultados, que parecen indicar que los túnidos no se nutren de la importante fauna meso-pelagica (mictofideos entre otros). Se basan sobre análisis hechos en profundidad, en particular los de ROGER y GRANDPERRIN. F.X. BARD destacó el aspecto "ilógico" y contradictorio de la cuestión, considerando la gran necesidad de alimento que tienen los túnidos y la "pobreza" aparente de las zonas que suelen frecuentar.

5. PROBLEMA DEL ANALISIS DE LOS DATOS DE PESCA Y DEL MEDIO AMBIENTE - CONSIDERACIONES DE TIPO GENERAL

El problema fue presentado por C. ROY, en base a trabajos sobre pequeños pelagicos (CURY y ROY, 1987 y 1988 ; MENDELSSOHN y CURY, 1987) y los túnidos (MENDELSSOHN y ROY, 1986).

Dos son los posibles enfoques :

- El primero consiste en estudiar directamente las relaciones entre la CPUE y el medio ambiente. Así se estudian los parámetros del medio que hacen que el stock sea inaccesible, es decir, los fenómenos de acceso y capturabilidad relativos al recurso.

- El segundo intenta comprender la influencia del medio ambiente sobre una parte o sobre el conjunto del ecosistema. Este enfoque, más ambicioso, intenta entender las relaciones que existen entre el ecosistema y su medio (la reproducción, la supervivencia de las larvas, el alimento, la capturabilidad, están en función del medio ambiente). Forzosamente es un enfoque que incluye múltiples disciplinas.

Si la variabilidad a corto plazo puede ser una explicación a las relaciones entre temperatura y CPUE, son más bien los escenarios termicos (la evolución de la temperatura y no su valor instantáneo) los que pue-

den, tras un enriquecimiento, explicar las variaciones de la CPUE. El análisis de la variabilidad estacional y de la estructura espacio-temporal de las CPUEs puede facilitar un esquema de la evolución real del recurso, y no ser un simple reflejo de los trayectos de los barcos de pesca, como suele ocurrir cuando solo se analizan las capturas. El análisis conjunto evidencia una gran coherencia entre la evolución de las CPUEs y la variabilidad estacional de las temperaturas en superficie ; están muy relacionadas con la evolución del afloramiento y concuerdan con los esquemas de migración.

Las tentativas de relacionar las variaciones en la intensidad del afloramiento con la variabilidad a corto plazo de las CPUEs, han sido casi siempre un fracaso. Por ejemplo, no se encuentra una relación CPUE/afloramiento a escala interanual ni en Costa de Marfil ni en Senegal. Esto sugiere que el problema se ha enfocado mal. ¿Se trata de determinar la importancia de la CPUE como índice de abundancia local ? Esta incluye necesariamente un componente ligado tanto al ambiente como a la estrategia de pesca. Por otra parte, la validez de los parámetros de ambiente que se utilizan (de los que se dispone, que son a menudo los más fáciles de obtener, pero no necesariamente los más adecuados) es un tema dudoso. Por ejemplo, los parámetros que actúan sobre los pelágicos pequeños no parecen influir siempre sobre las CPUEs de los túnidos.

Todo ello muestra que es necesario reflexionar en forma teórica acerca de las CPUEs y de la estimación de la variabilidad de una pesquería, antes de continuar la investigación en la dirección que actualmente sigue. Son importantes, en particular, los problemas a escala espacio-temporal, que deben ser estudiados con más detalle. Por ejemplo, en cuanto se refiere a los pelágicos costeros, la variabilidad del reclutamiento parece depender en gran parte de la variabilidad de alta frecuencia del medio ambiente. No se deben olvidar tampoco los fenómenos de migración : el esquema migratorio, muy regular, que se observa a menudo en los túnidos, puede explicar, de forma paradójica, mucha parte de la variabilidad de las CPUEs. Por ejemplo, el esquema estacional de la pesca atunera en el Atlántico es muy regular, aunque la variabilidad a plazo más corto (situación exacta en el tiempo y en el espacio) no sea previsible.

En el debate, J.M. STRETTA se opuso a las conclusiones de ROY-FONTENEAU acerca de la anomalía de 1984 en la zona de Cap Lopez (SCRS/86/77) : si la anomalía positiva de la temperatura de superficie (y la ausencia de un frente) no tuvo consecuencias aparentes sobre la pesca (existencia de una pesquería en época y lugar tradicionales), se debe, en su opinión, a que la termoclina era muy alta (7-10 m). De hecho, la zona frontal debe contemplarse a la vez de forma horizontal y vertical, y por

tanto, la temperatura de superficie no es necesariamente un buen índice. Esto podría limitar el "modelo praxeológico" de STRETTA que solo se basa sobre el dato termico de superficie. En opinión de ROY, el problema se debería abordar sin buscar a todo trance unas hipotéticas correlaciones, sino más bien estudiar los procesos, deduciendo hipótesis que podrían ser comprobadas.

A. FONTENEAU insistió en que esto demuestra los límites del método, mientras que J.M. STRETTA sugirió que no es conveniente polarizarse sobre lo que ocurre en un momento preciso. Ph. HISARD Recordó que no solo hay frentes termicos sino también frentes de salinidad, cuya importancia ha sido demostrada con respecto al listado del Pacífico Oeste.

R. PIANET dijo que en su opinión podría ser cuestión de establecer un vaiven entre los dos métodos (correlaciones sistemáticas/reflexión). Por ejemplo, las temperaturas de superficie pueden constituir un parametro excelente, sin llegar a explicarlo todo. Se debían también tener en cuenta los cambios importantes que pueden intervenir en la estructura de una pesquería. Además de los cambios en el medio ambiente, pueden también contemplarse cambios en el comportamiento de los túnidos. Por ejemplo, en el Atlántico tropical, cuando se compara la situación existente antes de 1975 - con barcos de cebo y cerqueros pequeños que pescaban regularmente un recurso en apariencia bien distribuido, con rendimientos moderados - con la situación actual de grandes cerqueros que pescan de forma irregular en las grandes concentraciones, con rendimientos muy altos, hay que tener en cuenta la diferencias)? en este régimen de pesca.

Según A. HERBLAND, hay que desconfiar de las "ventanas" que tienden a "cegar" y buscar la dimensión adecuada : un compromiso entre una gama de masiado amplia (muchos datos pero fenómenos demasiado pulidos para ser identificables) o demasiado fina (buena definición pero datos insuficientes).

A. FONTENEAU observó que se debería desarrollar un modelo del comportamiento de los pescadores : una mezcla de prospección racional (experiencia) y estocástica (búsqueda aleatoria de la captura importante). Los modelos teóricos (ALLEN) sugieren que con una explotación puramente racional se subexplotan los stocks.

R. PIANET concluye sugiriendo que se elijan zonas que presenten situaciones "sencillas", más fáciles de interpretar en función de las cuestiones a resolver, por ejemplo, donde las relaciones CPUE/capturabilidad parecen de fácil comprensión.

6. DATOS DE PESCA Y MEDIO AMBIENTE : ALGUNOS EJEMPLOS

6.1. MADEIRA

L. GOUVEIA, del Laboratorio de Madeira, presentó a continuación el problema de las relaciones tónidos/medio ambiente en dicho sector.

En Madeira, la pesquería de tónidos se lleva a cabo esencialmente con cana y esta dirigida al patudo de talla media y grande. Las capturas fluctúan alrededor de 4000 toneladas desde 1960 ; alcanzaron entre 5 y 6000 toneladas en el periodo 1973-1978, descendiendo después hasta 1000-1500 toneladas, a pesar de un esfuerzo de pesca relativamente estable. Las capturas se obtienen alrededor de las islas y los altos submarinos, y muestran un ciclo estacional marcado, con dos máximos, en abril-junio y a finales de año. En los últimos años, se han producido importantes cambios en la pesquería, sobre todo en la talla de los peces (que son mucho más pequeños) y en las zonas de pesca. El patudo grande desapareció completamente de la pesquería entre 1980 y 1987, aunque la situación oceanográfica (bathy y oxígeno) permaneció estable en su conjunto. Este hecho parece haber sido causado por la desaparición del segundo periodo de pesca (fin de año). Se observa además, que durante el mismo periodo, las pesquerías palangreras del sector tienen una CPUE de patudo estable. Es un buen ejemplo de un stock en buen estado en su conjunto, que soporta un esfuerzo estable, pero cuyas características locales han cambiado completamente sin motivo aparente. Este cambio puede ser resultado del medio ambiente pero no se le ha encontrado explicación.

6.2. AZORES

J. PEREIRA, de Azores, describió la pesquería atunera de las Azores. Su estructura es similar a la de la pesquería precedente : zona de gran variabilidad estacional (más de 10° de desfase entre las temperaturas de superficie en invierno y en verano), con gran alternancia estacional de las especies en función de las temperaturas (patudo en la estación fría, 16-20° C, y listado en la estación templada, 21-26° C). Hay un marcado contraste entre los años buenos para el patudo (veranos fríos) y para el listado (veranos calurosos). La flota de Azores se desplaza dentro de la zona. Según aumenta la temperatura de superficie, ya que el patudo se concentra al Noroeste del caladero. Los peces grandes se capturan en abril-mayo (ausencia de termoclina) en número escaso, aumentado las capturas (mayor cantidad de peces, más pequeños) cuando aparece la termoclina en el mes de julio (alcanza un máximo en septiembre).

El patudo reaparece con las tormentas, lo cual demuestra que siempre están presentes en la zona de pesca, pero no se encuentra accesible a los barcos de cebo. El rabil no es una presa habitual de los barcos de cebo, pero un cerquero que permaneció tres años en la zona demostró que es-

taban allí, aunque con temperaturas de superficie intermedias (19-22° c). En 1988, las temperaturas fueron normales a principios de la temporada, elevandose mucho a finales de agosto, lo cual produjo una captura de listado excepcional, pero nada de rabil ni de patudo. El descenso de las capturas de patudo que se ha observado en Madeira a partir de 1979, no ha tenido lugar en Azores, a pesar de encontrarse a una latitud más alta.

6.3. *Pacífico Oeste*

R. PIANET hizo una descripción de las condiciones oceanográficas en el Pacífico Oeste : predominio de la señal interanual (ENSO, con 2 episodios recientes en 82-83 y 86-87) sobre la señal estacional y un sistema claramente identificado de corrientes/contrarrientes a gran escala... El Pacífico Oeste se observa con regularidad gracias a una red de barcos mercantes desde 1969 (datos de superficie) y 1979 (XBT), y además, se efectúan campañas sistemáticas cada dos años, desde 1984. Recordó el programa PROPPAC (llevado a cabo desde Noumea), cuyo objetivo es estimar la influencia de los cambios climatológicos, por medio de la estructura hidrológica, sobre la producción pelágica en alta mar en el Pacífico Oeste.

El programa Túnidos/Medio Ambiente propiamente dicho, está a cargo del ORSTOM y CPS, en colaboración. Esta última organización gestiona la base regional de datos de túnidos. La zona en estudio se limita actualmente a la parte occidental de la región CPS (135° a 180° E), entre 6° S y 16° N). Se ha subdividido en seis subregiones, según la distribución de la latitud de las corrientes : 3 de latitud, 6° S - 2° N (rama norte de la Corriente Ecuatorial CE y Subcorriente Ecuatorial SCE) ; 2° - 8° N (Contra Corriente Ecuatorial Norte CCEN) ; 8° - 16° N (Corriente Ecuatorial Norte CEN) y 2 de longitud (135° - 160° E, 160° - 180° E). En cada una de estas "cajas" y para el periodo 1979-88, se han calculado las series temporales de los diferentes parámetros oceanográficos (temperatura de superficie, salinidad, clorofila en superficie, profundidad de la termoclina asimilada a la isoterma 20° C y espesor de la capa homogénea de superficie asimilada a la profundidad de la isoterma 27° C), así como sus anomalías estandarizadas. Se utilizó también una estimación de los transportes geostroficos de estas corrientes (1979)-1985, grupo SURTROPAC). Se calcularon las correspondientes series de CPUE de listado (Katsuwonus pelamis o bonito del Pacífico) de los barcos de cebo y cerqueros japoneses, por sistema de pesca (con objeto y sin objeto flotante). Se presentaron los resultados de las zonas al Este de 160° E.

Se estimaron algunas correlaciones entre las CPUE y ciertos parámetros oceanográficos (capa homogénea, termoclina, transporte de agua). Las CPUEs de los barcos de cebo tienen en general una buena relación con la intensidad de los transportes del CEN y del CCEN, lo que

confirma las hipótesis de Tanaka (1980). Estas relaciones son menos buenas en lo que se refiere a la termoclina. Respecto a los cerqueros, los resultados son más ambiguos : es sorprendente, pero no se observó relación alguna entre las capturas sin objeto y la profundidad de la termoclina ; por el contrario, en las capturas sobre objetos flotantes, se vió una relación con la intensidad de los transportes (positiva en el CE, negativa en el SCE, los cuales tienen variaciones en oposición). En cuanto respecta a la influencia del ENSO, los periodos calidos ejercen un efecto positivo durante las fases de maduración y el principio de la fase de crisis sobre las capturas de los barcos de cebo ; su influencia sobre los cerqueros no es tan evidente, aunque parece más bien negativa. Estos indicios, que han de ser estudiados con más detalle, coinciden con lo publicado en la prensa japonesa especializada en la materia, para la temporada 1986-87.

Estos resultados preliminares ambiguos evidencian los problemas de metodología : adecuación de los estratos espacio-temporales que han sido escogidos (incluso aunque parezcan "inteligentes"), metodo estadístico "primitivo", problemas relacionados con los datos de pesca como los físicos, que impiden el trabajo a una escala suficientemente fina. El caracter incompleto de la base de datos de pesca hace además que resulte difícil un análisis en profundidad. En la etapa siguiente se debería utilizar un esquema de "cajas" de 2° x 5° junto con un análisis de componentes principales. Se deberían separar las variabilidades estacionales e interanuales. Es posible y sería aconsejable prolongar la serie temporal (desde 1969) en lo que se refiere a los barcos de cebo japoneses y a los datos de superficie. Se puede contemplar el aplicar los nuevos métodos preconizados por ROY y MENDELSSOHN, pero siempre que sea hecho por especialistas de los mismos.

6.4. *Oceano Indico*

F. MARSAC presentó dos artículos que trataban sobre esta zona. El primero se refería a las relaciones entre el medio ambiente y la pesca de palangre, y el segundo sobre las relaciones entre la pesca con cerco y el medio ambiente en la zona de afloramiento de Somalia. El primer estudio concluye que no existe evidencia de una relación simple entre las diferentes coincidencias de parámetros hidrologicos bajo la superficie (temperatura y contenido de oxígeno disuelto a 100 m, profundidad de la termoclina, intensidad máxima de la gama termica de la termoclina así como su profundidad) y la CPUE de los palangreros, tanto en el caso del rabil como del patudo. Insiste sobre 2 sectores : el canal de Mozambique y la region de Somalia, en los cuales se constata una mayor variabilidad estacional del rendimiento que en otros estratos estudiados. En estas dos regiones se producen fenómenos hidrologicos característicos (remolinos

convergentes y, en particular, un afloramiento en Somalia) qué podrían repercutir sobre la distribución de la biomasa en el espacio.

Se menciona un cierto número de limitaciones qué podrían explicar la falta de relaciones claras : la escasa resolución espacial de los datos de pesca (estratos unitarios de 5'/mes) es especialmente crítica en sectores donde las estructuras hidrológicas presentan grandes contrastes en el curso de una misma temporada. Por otra parte, la CPUE del palangre es un mal índice de la abundancia del stock adulto. Finalmente, cabe también preguntarse sobre el grado de intensidad de las relaciones entre los tñidos adultos y el medio ambiente.

F. MARSAC hizo una exposición del artículo "La pesca de tñidos con cerco" qué había presentado en la reunión de IPTP en junio de 1988. Dicho artículo establece diferentes correlaciones entre la pesca de tñidos por parte de los cerqueros y varios parámetros del medio ambiente (viento, temperatura, oxígeno) en la cuenca de Somalia (0-12° N ; 43° E-60° E). Llega a la conclusión qué la variabilidad de las capturas y de los rendimientos podría explicarse en parte por la evolución del hidroclima local, si se tiene en cuenta un desfase de tiempo en el análisis. Los gradientes a los cuales se observan los diferentes parámetros es factor qué parece tener especial importancia. Se podría hacer una pervisión de las zonas favorables para la pesca en base a la definición de una "ventana" óptima de las condiciones.

Varios comentarios se refirieron al significado qué Convendría dar a la captura por unidad de esfuerzo (¿CPUE = abundancia o capturabilidad ?) ya qué este índice es poco preciso y resulta difícil hacer una comparación cuando se pasa de un arte a otro o de una pesquería a otra.

6.5. Analisis de datos de pesquerias y del medio ambiente: qué enfoque se debería adoptar ?

Es evidente qué el problema consiste en definir un enfoque. Se hace necesario llevar a cabo un estudio estadístico previo de la variabilidad de las capturas por unidad de esfuerzo (qué es el principal parametro, tal vez el único, qué permite evaluar las variaciones en las poblaciones). Se debe considerar la adopción de nuevos enfoques estadísticos, ya qué los métodos tradicionales (entre los qué se encuentra el utilizado por ROY-MENDELSSOHN, en el Atlántico, 1986) no son suficientes. Se hizo referencia a otros métodos : regresiones múltiples y no lineales, transformaciones empíricas de los datos, consideración de los efectos de umbral. Estos pueden dar una idea de la forma qué adoptan las relaciones entre los parámetros qué describen el medio, y los parámetros característicos de los stocks (ref. el artículo de CURY/ROY sobre las ventanas ambientales óptimas).

Debería también considerarse una revisión de como se utilizan los parámetros de medio ambiente clásicos : resulta cada vez más necesario tener en cuenta los periodos de latencia de las variables explicadas y explicativas, y las derivadas de los parámetros (gradientes, inestabilidad, turbulencia). Es igualmente importante la investigación de las zonas de heterogeneidad (mapas de clorofila o de color del agua).

Convendría también comparar las situaciones de las pesquerías de túnidos en los tres océanos, tanto más, dado que el ORSTOM es el único organismo que podría llevar a cabo un estudio de esta naturaleza a nivel mundial.

- El Atlántico tiene pesquerías diversificadas, relativamente antiguas y de carácter netamente estacional ; hay estadísticas excelentes y completas de pesca así como un buen seguimiento científico que se extiende sobre un periodo bastante largo de tiempo ; los stocks están bastante explotados, las CPUEs representan una combinación de abundancia real y de capturabilidad. La situación oceanográfica es muy estacional, con accidentes interanuales más o menos marcados. Se cuenta con buenas series oceanográficas, aunque relativamente recientes. Hay buenas perspectivas de reconstruirlas por modelización de todo el periodo. Desde hace muchos años se emplea la teledetección como método de rutina (METEOSAT).

- El Índico tiene pesquerías poco diversificadas, siendo recientes las de superficie, muy estacionales y con excelentes estadísticas de pesca y un buen seguimiento científico de un corto periodo. El nivel de explotación es incierto, y las CPUE representan probablemente más las variaciones de la capturabilidad que las de la abundancia real. La situación oceanográfica depende mucho de las estaciones, con accidentes interanuales relativamente marcados (se trata probablemente de una situación intermedia entre la del Atlántico y la del Pacífico Oeste). No se ha hecho un seguimiento permanente oceanográfico, pero se podría intentar reconstituir una serie por modelización. Esta prevista la teledetección como método de rutina (NOAA) a partir de 1989 desde la nueva estación ORSTOM en la isla de Reunión.

- El Pacífico Oeste : pesquería diversificada, relativamente antigua, medianamente estacional. Las estadísticas de pesca son buenas hasta 1979, mediocres desde 1980 ; se podrían mejorar ya que estas estadísticas existen en Japón y Estados Unidos aunque actualmente no están disponibles. El seguimiento científico ha sido de carácter variable durante un periodo bastante largo ; el nivel de explotación es bastante escaso en superficie y más bien alto en el caso del palangre. Las CPUEs representan sobre todo las variaciones de la capturabilidad ; la situación oceanográfica es poco estacional, con una variabilidad interanual marcada (ENSO). Hay buenas series oceanográficas bastante antiguas, con posi-

bilidad (menos inmediata que para el Atlántico) de reconstruirlas por modelización sobre un periodo largo. Se podría utilizar teledetección (NOAA, GMS ? otros japoneses ?).

- El Pacífico Este : zona bien cubierta desde hace varias decenas de años por IATTC respecto a los túnidos y por varios laboratorios norteamericanos respecto al medio ambiente. Globalmente, los datos son buenos y cubren un largo periodo, tanto de pesquerías como del medio. Cualquier estudio a escala mundial debería intentar incluir esta zona, por medio de programas de investigación conjunta llevados a cabo por especialistas en este campo (IATTC, Haway, Monterrey, La Jolla).

En resumen, de todo ello se desprenden varias conclusiones: el problema general de las regiones pesca/medio ambiente podría examinarse bajo un prisma más "diversificado", ya que cada zona geográfica identifica los aspectos que más Convendría resolver: reclutamiento, accesibilidad, capturabilidad local, variabilidad estacional o interanual...

Un esfuerzo de imaginación ayudaría a escoger los parámetros del medio más convenientes a tener en cuenta, sobre todo en cuanto a sus derivadas y periodos latentes.

Convendría probar nuevos enfoques, sobre todo respecto a métodos estadísticos, si es posible en colaboración con especialistas de dichos métodos. Sería necesario darles una más amplia difusión (referencias teóricas, programas existentes, formación de investigadores de estos métodos...). Resulta indispensable un estudio previo detallado de la variabilidad propia a las CPUEs y del problema de selección de escalas de tiempo y de espacio (Anexo 3, punto 2).

Se debería hacer un esfuerzo adicional en el estudio de las heterogeneidades y la falta de continuidad del medio ambiente, a escala más fina : burbujas de agua fría, remolinos "frentes" de color (ver los mapas de C. DUPOUY)... Sobre todo, se podría contemplar la utilización de un método "simplificado" de análisis de datos de satélite respecto al color del agua (qué permitirían, por ejemplo, utilizar sensores menos complicados que los CZCS) o de SST, para poner en evidencia esta falta de continuidad.

Unos estudios realizados a escala fina (ref. el estudio del afloramiento en las Somalias) con ayuda de las numerosas campañas oceanográficas hechas en zonas de pesca (sobre todo del Pacífico) podrían también contribuir al establecimiento de hipótesis de trabajo.

7. TELEDETECCION Y MEDIO AMBIENTE DE LOS TUNIDOS

Sobre este tema se presentaron varios trabajos :

- L. MAREC : Oceanografía y teledetección por el satélite Meteosat.
- C. DUPOUY : Frentes y estructuras de color descritas por CZCS alrededor de Nueva Caledonia.

- C. LEROY (IFREMER Nantes) : Teledetección por satélite y pesca del atún blanco (*Thunnus alalunga*) en el Atlántico NE.

- J.M. STRETTA : Previsión de las zonas de pesca atunera : qué parámetros y qué modelos ?. Respuesta praxeologica.

Ademas de estos trabajos científicos, J. NOEL trató brevemente sobre la tabla de teledetección en ORSTOM y sus actividades recientes en la isla de Reunion.

L. MAREC presentó las tareas de rutina efectuadas por el Antena ORSTOM de Lannion y Recordó los métodos de cartografía del campo termico de superficie en el Atlántico, como los que se utilizan en ORSTOM desde hace unos diez años en base a algoritmos establecidos por J. CITEAU. Presentó igualmente los nuevos procedimientos de transmisión por satélite a los barcos atuneros, desde Lannion, de los mapas de temperatura del golfo de Guinea. Estos mapas parecen ser muy apreciados por los pescadores que los reciben, incluso teniendo en cuenta que es difícil evaluar su contribucion exacta a la mejora de la producción gracias a prospecciones más eficaces.

C. LEROY presentó los trabajos que ha venido efectuando IFREMER en el curso de los últimos años en materia de teledetección aplicada a la pesca del atún blanco en el Atlántico Norte, desde las Azores al Sur de Irlanda. El objetivo de estos trabajos era determinar las zonas de concentración del atún blanco, sobre todo en relación con las zonas frontales cuya temperatura esta entre 16 y 20° C. IFREMER ha interrumpido esta actividad debido a su costo, al escaso interes economico de la flota francesa para el atún blanco y al desarrollo de nuevas técnicas de pesca (redes de enmalle y arrastre en parejas).

C. DUPOUY presentó su trabajo sobre las imagenes de CZCS, color del agua, en la provincia maritima de Nueva Caledonia. La contribucion del CZCS al conocimiento de la hidrografia de la region son importantes, sobre todo en lo que se refiere a la deteccion por CZCS de campos de *Trichodesmium oscillatoria* durante el verano y a la evaluación de las superficies cubiertas por estas algas. Esta planta tiene la propiedad de fijar el nitrogeno atmosferico, lo que podría contribuir a un enriquecimiento nada despreciable de masas de agua ya que estas algas cubren grandes superficies. Ademas, el CZCS ha permitido observar al sur de Nueva Caledonia un enriquecimiento muy localizado en clorofila en una zona que se consideraba como "homogeneamente pobre".

C. DUPOUY Recordó qué era interesante contar con un sensor del color del agua, con el fin de buscar los frentes y determinar su maduración. Estas observaciones plantean el problema de la investigación y seguimiento de este tipo de estructuras en el futuro, ya qué el CZCS no esta en funcionamiento. La respuesta esta sin duda en el lanzamiento del SPOT-4 con su sensor del color del agua, hacia 1994. Otra posibilidad sería embarcar este sensor a bordo de un satelite americano de la serie LANDSAT.

Los datos de CZCS deberian servir para reavivar el interes, ya qué tras los recientes trabajos de MOREL (Francia) y COLLINS (Estados Unidos) y del modelo qué han desarrollado, parece qué es posible estimar directamente la productividad primaria a partir de los datos CZCS de clorofila.

J.M. STRETTA presentó un documento destinado al coloquio qué tuvo lugar en Shimizu (Japon) en octubre de 1988. Explico, para empezar, como, a partir del conocimiento del pasado hidrologico de las masas de agua y de los enfriamientos de la superficie, pudo desarrollar el modelo provisional.

PREVI-PECHE. Este conocimiento del pasado hidrologico permite descomponer las sucesiones de hechos (enriquecimiento, maduración, estabilizacion) qué contribuyen a la presencia de un potencial alimento para los túnidos.

Varios de los participantes pusieron en duda esta hipótesis de base en su conjunto, sin rechazarla totalmente. Subsiste el problema de la validacion del modelo de prevision y la evaluación de su funcionamiento.

El debate se centro despues sobre si era oportuno crear en Francia una Agrupacion de Interes Profesional para explotar y difundir los datos de teledetección en el campo de la halieutica, lo qué haria totalmente operativos los resultados científicos adquiridos. Se observó qué recientemente ORSTOM ha publicado los resultados de las actividades del grupo de radiometria aerea.

J.M. STRETTA trató brevemente sobre los trabajos del grupo de radiometria aerea en los tres oceanos en el curso de los ultimos diez anos y Recordó la operacion HAREM. Esta operacion, qué consiste en sobrevolar muy alto los bancos de túnidos con un avion equipado con radar de apertura sinteltica destinado a detectar los bancos, debia tener lugar en el verano de 1989 en el Mediterraneo. Si este metodo resulta eficaz para contar y evaluar los bancos, podría ser de gran utilidad, tanto para las actividades halieuticas a corto plazo como para la investigación en el futuro (túnidos, delfines, etc).

8. MODELIZACION

8.1. Modelización del medio físico

MORLIERE introdujo el tema. Gracias a los importantes progresos logrados durante la última década en el terreno de la modelización, los modelos numéricos del océano se han convertido en instrumentos indispensables para la comprensión de los mecanismos oceánicos. El ajuste de los modelos a las observaciones mediante métodos de asimilación de los datos, mejora la calidad de las simulaciones y permite considerar estos modelos como inter-poladores espacio-temporales de observaciones del medio oceánico. Persisten aun algunas dificultades para la utilización sistemática de estos modelos, relacionados en particular con la calidad de los campos de tensiones externas (el viento y los flujos termodinámicos en interfase, que constituyen los motores del modelo y cuyo conocimiento actual resulta insuficiente).

Se ha iniciado una experiencia de modelización operacional en tiempo casi-real de la zona de altura del Atlántico intertropical, con ayuda del modelo de circulación general "OPERA" del LODYC (Universidad de París 6). Las experiencias de asimilación de los perfiles térmicos observados, permiten mejorar de forma sensible las prestaciones del modelo. Se dispone, asimismo, de un instrumento permanente de observación del océano, que se utilizara para crear una serie histórica desde 1982 hasta el presente, y que permitiera seguir la evolución en tiempo casi-real del medio físico (temperatura, salinidad y velocidad de las corrientes). Los datos XBT de la red de observaciones TOGA se utilizan para ajustar el modelo cada mes.

Los datos de este "observatorio permanente" del océano permiten enfocar los estudios de las relaciones atún-medio ambiente desde una perspectiva enteramente nueva; serán utilizados en 1989 para un análisis de la pesquería de rabil en la zona de alta mar durante los años 1982 a 1988, es decir, abarcando la importante anomalía de 1983-1984.

Se va a dar comienzo a un proyecto de modelización de una zona de pesca costera (Senegal-Mauritania); se trata de realizar un modelo de alta resolución de una zona costera comprendida en el modelo global del Atlántico intertropical. En los próximos años, deberá realizarse y probarse este modelo. Se podrá, de este modo, considerar su aplicación al estudio de las relaciones entre la evolución comparada de los medios físico y biológico y a vigilar en tiempo real el medio asociado a una pesquería. Este método podría, a pesar de su complejidad, servir de base a numerosos estudios, en particular si se le conjunta con un modelo de productividad.

8.2. Modelización del comportamiento de los delfines

KLEIBER presentó este tipo de modelización, el modelo TOP, que desarrolla actualmente en La Jolla (EE.UU.).

Se trataba de estudiar el comportamiento de los delfines asociados a los bancos de túnidos en el Pacífico oriental, en función de las informaciones recopiladas por los barcos atuneros y los buques de investigación. Los barcos de pesca facilitan una información abundante, pero sesgada, ya que persiguen los bancos de túnidos; la información de los barcos de investigación es poco abundante, pero no está sesgada. ¿Cómo explicar qué en 1983, coincidieron los dos tipos de información, si se diferencian sensiblemente el resto del tiempo? ¿Se podría imputar al particular medio ambiente de ese año (año ENSO) un cambio en la dispersión de los delfines? ¿Cuál fue esta nueva distribución de los delfines, para qué los dos muestreos coincidan? Se ha elaborado un modelo que se basa en asertos lógicos respecto al comportamiento de los delfines, en un intento de responder a estas preguntas. Se hizo una presentación animada de este modelo en ordenador. El tipo de modelo podría desarrollarse de forma fácil y útil para los túnidos, con el fin de poder evaluar mejor el determinismo de las migraciones y las concentraciones.

8.3. Modelización estadística

ROY hizo un balance de este tipo de modelizaciones. MENDELSON (SWFC Monterrey) había preparado un conjunto de útiles estadísticos que permiten llevar a cabo análisis multivariadas no lineales de los datos de pesca y medio ambiente. Han permitido explicar la correlación positiva o negativa que existe entre el reclutamiento de alacha en el Golfo de Guinea y la situación térmica de las aguas. El empleo de tales útiles es muy trabajoso y complejo; precisa de una gran tarea intelectual y de importantes conjuntos de datos, pero los resultados prometen ser muy interesantes.

8.4. Conclusión de las modelizaciones

Las nuevas técnicas de modelización que utilizan los enormes progresos de la informática moderna (del PC al CRAY2), pueden conducir a importantes avances, tanto en el análisis de los parámetros y de los mecanismos, como en la formulación de nuevas hipótesis de trabajo. Esta vía de investigación multidisciplinaria y en múltiples oceanos es difícil de llevar a cabo debido a la diversidad y complejidad de las bases de datos finos que se tienen que utilizar (pesca y medio ambiente) y a las técnicas matemáticas que hay que aplicar. Sin embargo, debe ser un camino hacia el que orientar los equipos de investigación, los del ORSTOM en particular, que tienen la oportunidad de disponer de una diversidad de temas de investigación que abarcan múltiples oceanos. Estos modelos deberán aportar al final progresos determinantes, tanto en cuanto concierne a la comprensión de los mecanismos como a la previsión de los fenómenos.

9. CONCLUSION : SINTESIS DE LAS ACTIVIDADES DE INVESTIGACION ; EXAMEN DE LAS PERSPECTIVAS DE INVESTIGACION

Se entablaron debates sobre este punto. Debido a la heterogeneidad de estos debates - muy interesantes por otra parte - el redactor ha preferido hacer un resumen repartiéndolos en seis temas, que se examinan en el Anexo 3 :

1. ¿Porque se investiga el tema "Túnicos y Medio Ambiente"?
2. ¿A qué nivel llevar estas investigaciones ?
3. ¿Qué parámetros son necesarios ?
4. ¿Qué investigaciones conexas son necesarias ?
5. ¿Qué modelizaciones ?
6. ¿Cuales son las perspectivas de la investigación ?

A N E X O 1 :
LISTA DE LOS PARTICIPANTES

- AUBRAT Jean ; ORSTOM TOA 213 rue Lafayette - 75480 PARIS
- AUMEERUDDY Riaz ; Centre ORSTOM COB BP 70 - 29263 PLOUZANE
- BARD F.X. ;CRO BP V 18 ABIDJAN (COTE D'IVOIRE)
- CAYRE Patrice Antenne ORSTOM - Fisheries Research Centre, Albion Petite Rivière Ile Maurice
- DIOUF Taïb ; CRODT BP 2241 - DAKAR (SENEGAL)
- DONGUY Jean René ; ORSTOM COB BP 70 - 29263 PLOUZANE
- DUPOUY Cécile ; ORSTOM BP A5 Nouméa Nouvelle Calédonie
- FONTENEAU Alain ; CRODT BP 2241 -DAKAR (SENEGAL)
- GAERTNER Daniel ; ORSTOM Apdo 373 Cumana (VENEZUELA)
- GOUVEIA Lidia - Fisheries Biology Department, Fisheries Directorate 9000 FUNCHAL - MADEIRA Portugal
- HERBLAND Alain ; CREMA L'Houmeau 17 La Rochelle
- HISARD Philippe ; ORSTOM BP 5045 - 34022 - MONTPELLIER
- JARRIGE François ; ORSTOM TOA 213, rue Lafayette - 75480 PARIS
- KLEIBER Pierre ; NMFS, PO Box 271, La Jolla CA 92038 - USA
- LEROY Claude ; IFREMER BP 1049 - 44000 NANTES
- MAREC Louis ; Antenne ORSTOM CMS BP 147 - 22302 LANNION
- MARSAC Francis ;Centre ORSTOM BP 70 - 29263 - PLOUZANE-BREST
- MORLIERE Alain ; LODYC/Université Pierre et Marie CURIE - PARIS

- PEREIRA Joao ; Universidade Dos Açores - 99000 Horta-Açores (PORTUGAL)
- PIANET Renaud ; ORSTOM - BP A5 - NOUMEA NOUVELLE CALEDONIE
- REBERT Jean-Paul ; COB Centre TOGA 29263 - PLOUZANE
- ROY Claude ; CRODT BP 2241 - DAKAR (SENEGAL)
- STRETTA Jean Michel ; ORSTOM BP 5045 - 34022 MONTPELLIER
- TURNER Steve ; NMFS MIAMI U.S.A.

A N E X O 2
LISTA DE DOCUMENTOS

CAYRE (P.).- Les migrations des thons : un comportement déclenché et guidé par l'environnement

DUPOUY (C.).- Fronts et structures de couleurs décrits par CZCS autour de la Nouvelle Calédonie.

FONTENEAU (A.).- Environnement et thons tropicaux de l'Atlantique. Introduction au problème.

GOUVEIA (L.), AMORIM (M.), VALAS (D.) and ARAUJO (T.).- Tuna fishery and environmental data collected in Madeira 1960-1987.

HERBLAND (A.).- Oligotrophie et eutrophie : relation de cause à effet ?

HISARD (Ph.).- Variabilité interannuelle des océans tropicaux.

KLEIBER (P.).- A review of american research on the question of tuna and environment.

KLEIBER (Ph.) and EDWARDS (E.).- A model of tuna vessel and dolphin school movement in the eastern tropical Pacific ocean : technical description of model.

LEMASSON (L.).- Les relations production halieutique et environnement.

LEROY (C.).- Télédétection satellitaire et pêche du germon *Thunnus Alalunga* dans le N.E. Atlantique.

LITTAYE (A.).- Relations entre la vitesse du vent et les captures de germon. Exemple de la "Coupure d'Août" de la pêche de surface dans le nord-est Atlantique.

MAREC (L.).- L'océanographie satellitaire et le satellite météosat.

MARSAC (F.).- Hydrologie de subsurface et pêche thonière palangrière dans l'Océan Indien : une approche qualitative.

MARSAC (F.).- Purse seine tuna fishing and environmental conditions in the Somalie Basin (0°12'N 43°E - 60° E) at the cessation of the southwest monsoon.

MORLIERE (A.).- Utilisation de la modélisation numérique pour une observation permanente de l'océan.

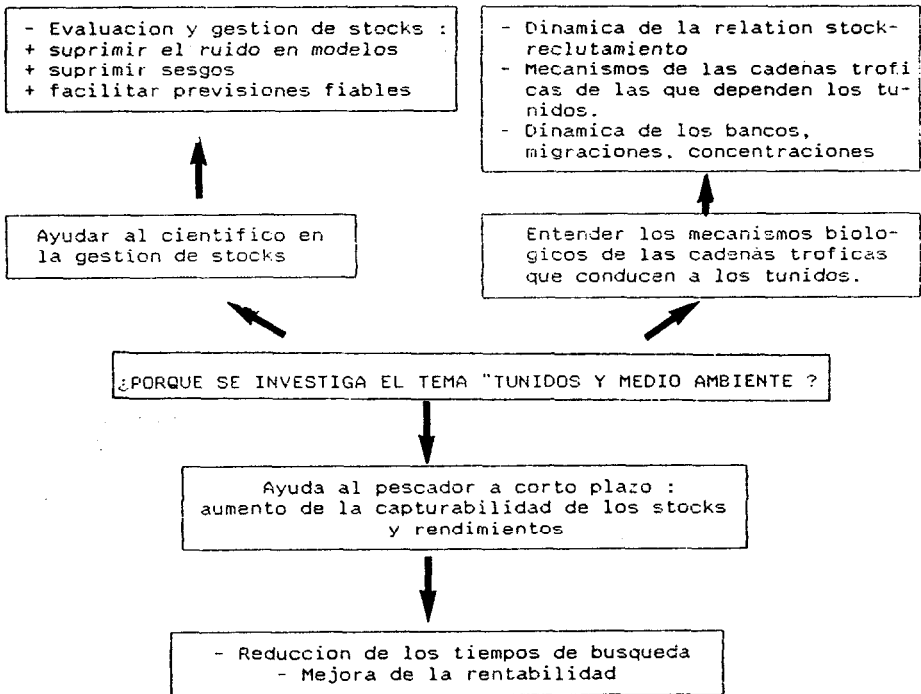
PEREIRA (J.).- Les pêcheries thonières des Açores : un aperçu des relations thon et environnement.

PIANET (R.).- Oceanography and intertropical tuna fisheries in the western Pacific : which significant large scale parameters can be used.

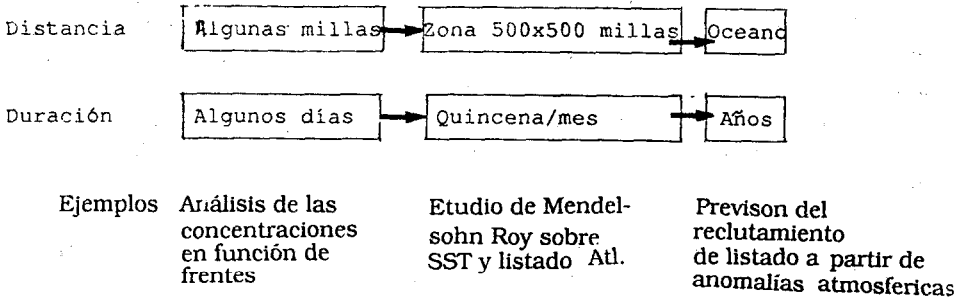
STRETTA (J.M.).- Forecasting tuna fisheries areas : what parameters, what models ? the praxeological response.

ANEXO 3
RESUMEN DE LOS TRABAJOS

1. PORQUE SE INVESTIGA EL TEMA "TUNIDO Y MEDIO AMBIENTE"?



2. ELECCION DE UNA ESCALA DE ESTUDIOS



N.B.- La elección de la escala espacio-temporal es fundamental, y se aplicará a todas las fases del estudio : datos recopilados, análisis y modelizaciones, proyecciones y previsiones derivadas de las investigaciones.

3. QUE PARAMETROS ?

3.1. Respecto al medio

Parámetros en cuatro dimensiones : latitud, longitud, profundidad y tiempo.

- Temperatura de la superficie y de la subsuperficie
- Salinidad
- Oxígeno de la subsuperficie
- Viento
- Corrientes de superficie y de subsuperficie, convergencias, divergencias, afloramientos.
- Color y transparencia del agua
- Topografía de los fondos (plataformas y montes submarinos)
- Magnetismo
- Acumulación de restos
- etc. ?

Se hablo acerca de la jerarquizacion y la eleccion de estos parámetros, pero solo pueden efectuarse de acuerdo con los objetivos del programa, caso por caso.

3.2. Sobre las pesquerias y los túnidos

- Estadísticas exhaustivas de pesca, por especies correctas biológicamente (cuidado con el sesgo de los cuadernos de bitacora !), por talla, por arte y modo de pesca (banco libre o con objetos flotantes), y elementos sobre el comportamiento de los pescadores. Los pasos geograficos y temporales son necesariamente finos (por ejemplo, día y milla), incluso en los estudios a gran escala, con la idea de corregir un cierto número de sesgos clásicos en halieutica.

- Son muy aconsejables los datos de observaciones directas de los túnidos, independientemente de las pesquerias (por ejemplo, por avion o barco de investigación), y a qué no estan sesgados (en potencia).

4. DOS CAMPOS DE INVESTIGACION IMPORTANTES

1) Estudios sobre los mecanismos de productividad, del fitoplancton al alimento de los túnidos y, finalmente, a los túnidos.

2) Estudios sobre la fisiología de los túnidos, por ejemplo, la ecología de las larvas y los juveniles, la tolerancia de las diversas edades a los parámetros del medio, las necesidades troficas, la termodinamica, la orientacion en el campo magnetico terrestre, etc.

Estos dos campos de investigación se llevan a cabo de forma independiente de los precedentes. Los resultados de estas investigaciones son, sin embargo, de extrema importancia dentro de la interpretacion de las relaciones "Medio/Atún" y en la comprension de las relaciones funcionales que existen entre el medio y los túnidos. No podemos por menos que subrayar el extraordinario interes de los resultados obtenidos desde hace 20 años en Hawaii, y la necesidad de desarrollar estos estudios.

5. LOS MODELOS TUNIDOS-MEDIO AMBIENTE

5.1. Tres temas prioritarios

A) Proceso en 4 dimensiones : latitud, longitud, profundidad y duracion ; a menudo existe un "Time lag" que hay que tener necesariamente en cuenta : la situacion de los túnidos en el tiempo "t" depende de la evolucion del medio ambiente en los tiempos t-2, t-1, etc. (Se excluyen, por tanto, las correlaciones simples).

B) Existencia de las relaciones de variables múltiples y no lineales, de donde surge la necesidad de emplear útiles matemáticos complejos y adecuados para evaluarlas.

D) Con mucha frecuencia, los datos son incompletos. Es necesario (y con frecuencia, difícil) efectuar interpolaciones para reconstituir la base de datos, lo que, algunas veces, resulta muy difícil. Los nuevos modelos del tipo OPERA (LODYC, MORLIERE) pueden ser una importante ayuda en el terreno de los datos físicos.

5.2. Tipos de modelos

Hay múltiples modelos que tratan ya de tener en cuenta el efecto del medio ambiente sobre los recursos en tñidos y su explotación. Queda mucho por hacer, en particular para comprender bien las relaciones funcionales entre los parámetros del medio y las previsiones (de otra forma, habría riesgo de cometer errores graves).

En el terreno de la base de datos, a escala mundial es mucho más completa que la base de conocimientos. El desarrollo de las modelizaciones debería tener por objeto reducir esta laguna y mejorar la comprensión de los mecanismos.

6. ALGUNAS VIAS FUTURAS DE INVESTIGACION

1) Análisis de las redes tróficas asociadas a bolsas de aguas frías, en una escala espacio-temporal muy fina, en la zona ecuatorial: análisis del efecto "piel de pantera" en el terreno del enriquecimiento de las masas de agua y sus posibles efectos sobre las concentraciones de tñidos.

2) Análisis de las condiciones del medio a escala fina en las zonas de concentraciones de tñidos, ya sean de reproducción o tróficas (asociando imágenes por satélite y observaciones de pesqueros).

3) Análisis de cada tipo de problema, concentrando los esfuerzos de investigación en la zona del mundo donde los fenómenos parezcan más claros y donde los datos sean adecuados (los de pesquerías, en particular).

4) Desarrollar una mejor coordinación mundial y entre los laboratorios, de los programas de investigación, en particular al complejo nivel de la modelización.

5) Organizar grupos de trabajo "mundiales" orientados hacia el tema "túidos y medio ambiente", y si es necesario, procurando la ayuda y el patrocinio de organismos que tengan interés en esta coordinación de la investigación, el IFIAS en particular.

ANEXO 4
BIBLIOGRAFIA

P.ALLEN and J. MAC GLADE, 1986.- Dynamics of discovery and exploitation : the case for the scotian shelf groundfish fisheries. Can. Jnl. Fish. and Aq. Sci. 43 : 1187-1200

P. CURY and C.ROY ,1989-Optimal environmental window and pelagic fish recruitment success in upwelling areas. Can J. Fish. Aquat. Sci., Vol.46,4;p 670-680

P. CURY et C. ROY., 1987-Upwelling et pêche des espèces pélagiques côtières de Côte d'Ivoire: une approche globale. Oceanologica Acta, Vol.10, n°3:347-357.

A.DESSIER , 1983.- Variabilité spatiale et saisonnière des peuplements épiplanctoniques des copépodes du Pacifique tropical sud et équatorial (est Pacifique). Oceanologica acta. 1983. Vol. 6 n° 1 p. 89-104.

A.FONTENEAU et C.ROY , 1987.- Pêche thonière et anomalies climatiques de l'environnement dans l'Atlantique tropical Centre est en 1984. Rec. Doc. Scient. ICCAT Vol. 26 (1) p. 228-236

R.MENDELSSOHN et C.ROY , 1986.- Environmental influence on the french, ivorian, senegalese and morocan tuna catches in the gulf og Guinea. In ICCAT. Proceedings of International Skipjack program. pp. 170-188

C. ROGER et R. GRANDPERRIN, 1976.- Pelagic food webs in the tropical Pacific. Limnol. Oceanogr., 21(5) : 731-5

J. SERVAIN ,J. PICAUT and J.MERLE, 1982-Evidence of remote forcing in the equatorial Atlantic ocean. J.Phys. Oceanogr.,12:457-463

T. TANAKA and M. YAO , 1980.- Catch relationship in four different skipjack areas in the western Equatorial Pacific. SPC/Fisheries 12/WP 16. Translation of Suisan Sekai, 29 (3)/58-63

TABLE DES MATIERES

	Page
Rapport du Groupe de travail	1
Annexe 1: Liste de participants	20
Annexe 2: Liste des documents présentés	22
Annexe 3: Bilan résumé des travaux	24
Annexe 4: Bibliographie	28
Report of the working group	29
Appendix 1: List of participants	46
Appendix 2: List of documents	48
Appendix 3: Summary of work	50
Appendix 4: Bibliography	54
Informe del grupo de trabajo	55
Anexo 1: Lista de los participantes	74
Anexo 2: Lista de documentos	76
Anexo 3: Resumen de los trabajos	78
Anexo 4: Bibliografía	83