

Caraïbe-Martinique
15-19 Octobre 1999

actes de colloques 28

Éditeurs
Jean-Yves Le Gall
Patrice Cayré
Marc Taquet



28



Pêche thonnière et dispositifs de concentration de poissons

Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons

Colloque Caraïbe-Martinique,
Trois-Îlets, 15-19 octobre 1999

Éditeurs
Jean-Yves Le Gall, Patrice Cayré, Marc Taquet
Coordinateur
Marc Taquet

Le colloque

Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons
s'est tenu à Trois-Îlets en Martinique (Antilles françaises)
du 15 au 19 octobre 1999.

Il a été organisé par :

l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer);
l'Institut de recherche pour le développement (IRD);
l'École nationale supérieure agronomique de Rennes (Ensar)

Avec le concours

de l'Union européenne (Fonds IFOP);
du conseil régional de la Martinique;
du conseil général de la Martinique.

**Les organisateurs ont également bénéficié d'un soutien actif
de la part des organisations suivantes :**

Secretariat of the Pacific Community (SPC);
Food and Agriculture Organization (FAO);
Ministère français des Affaires étrangères;
Direction régionale des Affaires maritimes de la Martinique;
Comité régional des pêches maritimes de la Martinique

ainsi que des entreprises :

AVS Voyages, Coopemar, MLR Électronique, Éts Mondiet, Momoi,
Serpe-IESM, Sodena, Cap Marine, TIG, Océa, Mont-Pelé, Rhum Depaz.

Ces actes de colloque sont complétés par un numéro thématique de la revue
Aquatic Living Resources : « Mechanisms and effects of the aggregation of
tuna by Fish Aggregating Devices (FADs) ». Aquat. Living Resour., 2000, 13(4),
181-262.

Comité d'édition

Jean-Yves Le Gall (Ensar)
Patrice Cayré (IRD)
Marc Taquet (Ifremer)

Comité scientifique

Loïc Antoine (Ifremer)
Patrice Cayré (IRD)
Laurent Dagorn (IRD)
Aymeric Désurmont (SPC)
Alain Fonteneau (IRD)
René Galzin (Éphé)
Kim N. Holland (University of Hawaii)
Raymond Laë (IRD)
Jean-Yves Le Gall (Ensar)
Brigitte Milcendeau (Ifremer)
Hélène Rey-Valette (université de Montpellier)
Lionel Reynal (Ifremer)
Marc Taquet (Ifremer)
François Théret (Ifremer)

Comité d'organisation

Lionel Reynal (Ifremer) - Président
Bisessar Chakalall (FAO)
Kasy Druault Aubin (IRPM)
Jean-Alfred Guérédrat (Région Martinique)
Nicole Lacroix (Ifremer)
Raymond Laë (IRD)
Jean-Yves Le Gall (Ensar)
Catherine Le Penven (Ensar)
Marc Taquet (Ifremer)

Coordinateur

Marc Taquet

Ensar : École nationale supérieure agronomique de Rennes
Éphé : École pratique des hautes études
FAO : Food and Agriculture Organization
Ifremer : Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer
IRD : Institut de recherche pour le développement
IRPM : Institut régional de pêche et de marine (Guadeloupe)
SPC : Secretariat of the Pacific Community

Sommaire

Session 1 - Synthèses régionales / Regional syntheses

Président : Jean-Yves Le Gall	
Rapporteur : Gérard van Buurt	13
<i>A worldwide review of purse seine fisheries on FADs</i> Revue mondiale des pêcheries à la senne sous DCP	15
A. Fonteneau, P. Pallarés, R. Pianet	
<i>Perspectives de développement des DCP ancrés dans les Petites Antilles. L'exemple de trois îles : Guadeloupe, Martinique et Curaçao</i> <i>Prospects for the development of anchored FADs in the Lesser Antilles. The case of three islands: Guadeloupe, Martinique and Curaçao</i>	36
L. Reynal, G. van Buurt, M. Taquet	
<i>The Fish Aggregating Device (FAD) system of Hawaii</i> Le système de DCP à Hawaï	55
K.N. Holland, A. Jaffe, W. Cortez	
<i>Synthesis on moored FADs in the North West Pacific region</i> Synthèse sur les DCP ancrés dans la région Pacifique Nord-Ouest	63
S. Kakuma	
<i>The development of the purse seine fishery on drifting Fish Aggregating Devices in the Eastern Pacific Ocean: 1992-1998</i> Le développement de la pêche DCP dans le Pacifique Est : 1992-1998	78
C.E. Lennert-Cody, M.A. Hall	
<i>The use of anchored FADs in the area served by the Secretariat of the Pacific Community (SPC): regional synthesis</i> L'utilisation des DCP ancrés dans la zone desservie par le Secrétariat général de la communauté du Pacifique (SCP) : synthèse régionale	108
A. Désurmont, L. Chapman	
<i>Tuna fishing and a review of payaos in the Philippines</i> Pêche thonière et revue des payaos aux Philippines	141
J.O. Dickson, A.C. Natividad	

Systemes halieutiques et DCP dans l'océan Indien : une revue de la diversité des expériences et des résultats en termes d'intégration et de durabilité <i>Halieutic systems and FADs in the Indian Ocean: a review of the various trials carried out and results obtained in terms of integration and overall benefits</i>	159
E. Tessier, H. Rey-Valette, D. Ah-Nième, R.-M. Bargain, A. Venkatasamy, B. Wendling	
An overview of the FADs fishery in the Mediterranean Sea Une vue d'ensemble des pêcheries autour des DCP en Méditerranée	184
B. Morales-Nin, L. Cannizzaro, E. Massutí, A. Potoschi, F. Andaloro	
Session 2 - Technologie des DCP / FADs technology	
<hr/>	
Président : Marc Taquet	
Rapporteur : Aymeric Désurmont	211
Démarche d'amélioration des DCP à la Martinique Process of FADs improvement in Martinique	213
A. Guillou, A. Lagin, A. Lebeau, D. Priour, M. Repecaud, L. Reynal, J. Sacchi, M. Taquet	
Implementation of an ongoing FAD programme in Curaçao (Netherlands Antilles) during the period 1993-2000 Mise en œuvre d'un programme DCP à Curaçao (Antilles néerlandaises) pendant la période 1993-2000	230
G. van Buurt	
Analyse fonctionnelle des causes de rupture des DCP de la Réunion (océan Indien) Analysis of FAD loss reasons in la Réunion (Indian Ocean)	250
J. Sacchi, E. Tessier	
Technologie et utilisation des DCP ancrés dans les eaux de la collectivité territoriale de Mayotte (archipel des Comores, canal du Mozambique, océan Indien) Technology and use of anchored FADs in the territorial waters from the French Republic's Collectivity of Mayotte (Indian Ocean)	261
B. Wendling, S. Le Calvé	
Les modèles de DCP mis au point par la CPS : bilan et perspectives FAD models developed by SPC: review and future prospects	276
A. Désurmont	

Évolution technologique des DCP en Polynésie française Technological evolution of FADs in French Polynesia	290
F. Leproux	

Guam Fish Aggregating Device programme Le programme DCP à Guam	304
A. Torres	

Session 3 - Méthodes de pêche associées aux DCP / FADs fishing methods

Président : Roger Lise
Rapporteur : Aymeric Désurmont

Proposition d'une nouvelle technique de pêche du thon noir (Thunnus atlanticus) sous les DCP en Martinique Proposal of a new fishing technique to catch blackfin tuna (Thunnus atlanticus) around FADs in Martinique	321
M. Taquet, M. Laurans, L. Reynal, A. Lagin	

Les métiers de la pêche à la Réunion : description et évolution des techniques de pêche sur les DCP Fishing in Réunion Island: description and evolution of the fishing techniques with FADs	333
D. Roos, E. Tessiet, P. Berthier, L. Berthier	

Small-scale FAD-associated fishing techniques used in the Pacific region La pêche artisanale associée aux DCP : les techniques utilisées dans la région Pacifique	346
L. Chapman	

The development of Fish Aggregating Devices (FADs) in the Cook Islands Le développement des DCP aux îles Cook	356
I. Bertram, S. Tatuava	

Session 4 - Impact de l'exploitation des DCP sur les ressources / **Effects of FADs on fisheries resources**

Président : John Sibert
Rapporteur : Alain Fonteneau

The impact of FAD innovation on the performance of US tuna purse seine operations in the Pacific Ocean L'impact de l'innovation DCP sur la performance des opérations de pêche de la flottille de thoniers senneurs des États-Unis d'Amérique dans l'océan Pacifique	371
G.T. Sakagawa	

- Contribution des DCP fixes et dérivants à l'accroissement de la puissance de pêche des thoniers (I et II)**
Contribution of drifting and anchored FADs for increasing the fishing power of tuna vessels 389
 J.-Y. Le Gall
- Comparaison des captures des grands poissons pélagiques en Martinique avec ou sans DCP**
Comparison of large pelagic fish catches in Martinique, with or without FADs 421
 M. Laurans, M. Taquet, L. Reynal, A. Lagin
- The skipjack fishery in Eastern Indonesia: distinguishing the effects of increasing effort and deploying rumpon FADs on the stock**
La pêche de listao en Indonésie orientale : distinction des effets de l'augmentation de l'effort et du développement des DCP dans la pêcherie 435
 D.R. Monintja, C.P. Mathews
- Diversifying fishing effort in Sicilian fisheries: the case of Fish Aggregating Devices (FADs)**
Diversification de l'effort de pêche : le cas des DCP en Méditerranée occidentale 449
 L. Cannizzaro, A. Potoschi, G. Bono, A. Celesti, P. Rizzo
- Effets du plan de protection des thonidés de l'Atlantique 1998-1999 d'après les observations faites sur les thoniers senneurs gérés par les armements français**
Consequences of the Atlantic tuna protection plan 1998-1999 according to observations made by the observers on board the purse seiners managed by French tuna boat owners 465
 M. Goujon, C. Labaisse-Bodilis
- Session 5 - Biologie et comportement agrégatif des poissons pélagiques / Biology and behaviour of pelagic fish aggregations**
-
- Président : Patrice Cayré
 Rapporteur : Kim N. Holland
- Déterminisme du comportement associatif des poissons pélagiques : les hypothèses à l'épreuve des faits**
Associative behaviour of pelagic fish: facts and hypotheses 483
 P. Fréon, L. Dagorn
- Current, catch and weight composition of yellowfin tuna with FADs off Okinawa Island, Japan**
Courant, capture et composition en poids de l'albacore (Thunnus albacares) autour des DCP au large de l'île d'Okinawa, Japon 492
 S. Kakuma

<i>A review: pelagic fishes at petroleum platforms in the northern Gulf of Mexico; diversity, interrelationships, and perspectives</i> Revue : les poissons pélagiques des plates-formes pétrolières dans le nord du golfe du Mexique, diversité, interrelations et perspectives	502
J.S. Franks	
Observations sous-marines des communautés de poissons agrégées autour des DCP en Martinique : résultats préliminaires <i>Underwater observations of fish communities around coastal FADs in Martinique: preliminary results</i>	516
M. Laurans, M. Taquet, L. Reynal, A. Lagin	
<i>Do FADs influence the geographical distribution of dolphinfish (Coryphaena hippurus)?</i> Les DCP influencent-ils la migration des dorades coryphènes (Coryphaena hippurus) ?	528
M. Taquet, L. Reynal, M. Laurans	
<i>Drifting FADs used in tuna fisheries: an ecological trap?</i> Les DCP dérivants utilisés dans les pêcheries thonières : un piège écologique ?	537
F. Marsac, A. Fonteneau, F. Ménard	
<i>Baitboat as a tuna aggregating device</i> Le canneur : un dispositif de concentration des thons	553
J.-P. Hallier, A. Delgado de Molina	
Synthèse	
Prospective sur les méthodes et expérimentations à mener sur le phénomène de l'agrégation des poissons pélagiques autour des DCP <i>Prospective of methods and experiments on pelagic fishes aggregation by FADs</i>	579
P. Fréon, M. Hall, F. Marsac	
Session 6 - DCP, sociétés et systèmes halieutiques / <i>FADs, socio-economics and anthropology</i>	
<hr/>	
Président : Lionel Reynal Rapporteur : Hélène Rey-Valette	
Mise en place et exploitation des DCP en Martinique : aspects réglementaires et économiques <i>Installation and exploitation of FADs in Martinique: legal and economic aspects</i>	593
L. Laisné, P. Angelelli	

- Pêche artisanale sur DCP et pêche palangrière à la Réunion : antagonisme ou complémentarité?**
FADs and longline fishery in Réunion Island: antagonism or complementarity? 605
 E. Tessier, F. Poisson
- La promotion des DCP à Sao Tomé et Principe : une expérience pédagogique pour l'adoption durable d'une innovation**
Promotion of FADs in Sao Tome and Principe Islands, a pedagogical experience for longlasting adoption of this innovation 621
 P. de Verdilhac, J.-M. Maggiorani, P. Debouvry
- Le « faux-poisson » d'Abidjan et la pêche sous DCP dérivants dans l'Atlantique tropical Est : circuit de commercialisation, et rôle socio-économique**
Local market fish in Abidjan and purse seine fishing on artificial floating logs in the Tropical Eastern Atlantic: distribution network, social and economic rules 634
 B. Romagny, F. Ménard, P. Dewals, D. Gaertner, N. N'Goran
- The significant contribution of FADs to Solomon Taiyo Limited's fishing operations***
L'importance des DCP pour les opérations de pêche de la Solomon Taiyo Limited 653
 M.B. Sibisopere
- Bilan et perspectives de développement des DCP au Cap-Vert**
Assessment and prospect on the development of FAD in the Cape Verde Islands 663
 H. Rey-Valette, P. Martins
- Posters**
-
- Emerging US tropical tuna purse seine fishery on FADs in the Central Western Pacific Ocean***
Emergence de la pêcherie américaine de thons tropicaux à la senne tournante associée aux DCP dans l'océan Pacifique Centre-Ouest 677
 A.L. Coan, N.W. Bartoo
- Comparaison de la composition spécifique des bancs de thons associés à des DCP et libres dans l'Atlantique Est, avant et depuis le développement de la pêche sur objets artificiels**
Comparison of the species composition of tuna schools taken on logs and on free schools in the Eastern Atlantic, before and after the development of FADs fisheries 678
 A. Fonteneau

- Trophic relationships between FADs-associated fishes**
Les relations trophiques entre les poissons associés aux DCP 679
C. Pipitone, F. Andaloro, S. Campagnuolo,
M. Romanelli, A. Potoschi
- Le thon noir (*Thunnus atlanticus*) autour des DCP en Martinique :
biologie et exploitation**
**Blackfin tuna (*Thunnus atlanticus*) around Martinican FADs:
biology and exploitation** 680
M. Taquet, L. Reynal, M. Laurans, A. Lagin
- L'albacore (*Thunnus albacares*) autour des DCP en Martinique :
biologie et exploitation**
**Yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) around Martinican FADs:
biology and exploitation** 681
M. Taquet, L. Reynal, M. Laurans, A. Lagin
- La dorade coryphène (*Coryphaena hippurus*) autour des DCP
en Martinique : biologie et exploitation**
**Dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) around Martinican FADs:
biology and exploitation** 682
M. Taquet, L. Reynal, M. Laurans, A. Lagin
- Effects of fishing activity on tropical moored buoy arrays**
**Conséquences de l'activité de pêche sur les réseaux de bouées
ancrées dans les océans tropicaux** 683
M.J. McPhaden, P. Freitag, J. Servain, E. Josse
- Length comparison of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*)
caught by Mexican purse seine fleet in the Eastern Pacific Ocean**
**Comparaison des tailles de l'albacore (*Thunnus albacares*) capturé
par la flottille mexicaine de senneurs dans l'océan Pacifique Est** 684
R. Solana-Sansores, G. Compéan-Jiménez, G. Aldana-Flores

Signalement bibliographique

Monographie :

Le Gall J.-Y., Cayré P., Taquet M. (eds), 2000. Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons. Éd. Ifremer, Actes Colloq., 28, 688 p.

Article :

Reynal L., Buurt G. (van), Taquet M., 2000. Perspectives de développement des DCP ancrés dans les Petites Antilles. L'exemple de trois îles : Guadeloupe, Martinique et Curaçao. In: Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons. Le Gall J.-Y., Cayré P., Taquet M. (eds). Éd. Ifremer, Actes Colloq., 28, 36-54.

Session 1

Synthèses régionales

Regional syntheses

Session 1

Synthèses régionales / Regional syntheses

Président : Jean-Yves Le Gall - Rapporteur : Gérard van Buurt

La session 1 rassemble les synthèses régionales. Celles-ci ont mis en évidence l'importance des pêcheries de thons et autres grands poissons pélagiques, associées aux dispositifs de concentration de poissons. Elles ont permis de présenter les résultats de programmes régionaux de recherche et de développement consacrés à ces techniques de pêche. Cette session concerne les pêcheries thonières industrielles à la senne et les pêcheries artisanales côtières et insulaires. Les deux synthèses pour les flottilles de senneurs couvrent l'océan mondial et le cas plus détaillé de l'océan Pacifique Est. Des types très variés de pêcheries sont présentés : Méditerranée européenne (Italie/Sicile, Espagne/Baléares...), zone de la Caraïbe et des Petites Antilles (Martinique, Guadeloupe, Curaçao), Pacifique Nord (Hawaï et Okinawa, Philippines), Pacifique Sud (Polynésie française, Guam, Tonga, Vanuatu, Salomon, Nouvelle-Guinée - Papouasie...) et océan Indien Sud-Ouest (Comores, Mayotte, Madagascar, Réunion, Maurice, Seychelles...).

En ce qui concerne les **pêcheries industrielles**, la discussion et le débat ont porté sur l'importance de ce mode de pêche, notamment sur les captures abondantes de thons juvéniles, et sur les moyens de réduire, limiter ou éviter ces captures massives de jeunes poissons. Les solutions évoquées ont été notamment :

- la détection acoustique de la structure, en tailles et en espèces, des bancs préalablement à l'action de pêche ;
- les développements technologiques pour l'utilisation de systèmes de pêche sélective, telles les grilles rigides sur sennes à thons, dans l'océan Pacifique Est ;
- l'instauration de sanctuaires et de moratoires régionaux ou saisonniers pour l'arrêt de la pêche sur DCP (en cours dans l'Atlantique et en projet dans l'océan Indien).

En ce qui concerne les **pêcheries artisanales côtières et insulaires**, les discussions ont abordé les aspects techniques d'évolution des matériels et techniques de pêche associés ou spécifiques aux DCP, l'optimisation des distances entre les DCP. De nombreux points d'aménagement des pêcheries liées aux DCP ont été abordés. La concentration de la ressource de grands pélagiques au large a-t-elle une incidence sur la rentabilité des pêcheries plus à terre ? L'organisation de réseaux de DCP doit permettre le développement conjoint de pêcheries artisanales nouvelles au large et le maintien des pêcheries artisanales plus côtières. Quels sont

les modes de limitation de l'effort de pêche ou d'exclusion des palangriers industriels en dehors des zones d'influence des DCP développés par et pour les artisans ? Par qui le système de DCP doit-il être géré et quels sont les avantages et les inconvénients respectifs de la gestion publique gouvernementale et de la gestion privée ? Les exemples nombreux et variés ont été présentés, discutés et ont montré que les deux systèmes sont viables et peuvent être développés selon les contextes et les usages locaux.

À ce stade, le débat s'est rapidement orienté sur l'appropriation de la ressource par celle de l'espace, tels les DCP ancrés privés sur monts sous-marins par les thoniers senneurs industriels ou la dimension de l'espace océanique couvert par les senneurs disposant de nombreux DCP dérivants, sujet abordé en session 4. La régulation de ce type d'appropriation a introduit également, dès la première session, les aspects politiques et socio-économiques repris et élargis en dernière session.

A worldwide review of purse seine fisheries on FADs

Alain Fonteneau⁽¹⁾, Pilar Pallarés⁽²⁾, Renaud Pianer⁽³⁾

(1) IRD, PO Box 570, Victoria, Mahé, Seychelles - ird@seychelles.net

(2) Instituto Español de Oceanografía, María de Molina 8, 28002 Madrid, Spain

(3) IRD, HEA, 911 av. Agropolis, 34090 Montpellier, France

Abstract

This paper develops a comparative overview of the development of Fish Aggregating Devices (or FADs) by the tropical purse seine fisheries in various ocean areas (Atlantic, Indian, Western and Eastern Pacific Oceans). First, a comparative review of fishery statistics is developed. Recent catches on FADs by purse seiners can be estimated at a level of one million tons yearly. This comparison allows to describe the fishing zones and catch trends over time, the species composition and size taken in the various FAD fisheries. Skipjack tuna is the dominant species in most FAD fisheries, but significant amounts of yellowfin and bigeye are also frequently taken under FADs. The paper also presents an overview of various observer data concerning the by-catches of the various fisheries using FADs. This comparison allows to estimate the total worldwide yearly by-catches at about 100,000 t, and their species composition in each ocean. The FAD technology used in the various oceans by purse seiners is described. The recent use of FADs by purse seiners has introduced major uncertainties in most stock assessments, because analyses are hampered by changes in the fishing effort in a FAD fishery, by changes in fishing zones and in sizes caught. As a last point, the management of FADs presently done or in view by the various tuna bodies are introduced. It appears that the present massive use of FADs worldwide is perhaps an unsafe fishing mode, which could produce serious overfishing of many stocks. There is then a consensus that the use of FADs needs to be controlled and limited to sustainable biological levels.

Introduction

Tuna fishing on flotsam has been used by most purse seine fisheries since the early sixties in coastal areas where drifting objects were abundant. This traditional fishery on flotsam (natural or man-made logs) was quite incidental in the Atlantic Ocean, but has always been very active in other areas such as Western Pacific or Indian Ocean. Since the late eighties, the purse seine fisheries using artificial FADs equipped with positioning devices have shown a massive development worldwide. As natural and artificial logs are not separated in the catch statistics, the term FAD will

be used in this text to describe any type of natural or artificial floating object. This paper aims to review and to compare the most recent information upon this new fishing mode and upon its potential effects on tuna stocks:

- species and sizes of tunas targeted under FADs in the various oceans;
- species and quantities of by-catches taken under these FADs;
- problems introduced by FAD fisheries in the tuna stock assessment;
- potential effects of this new fishing mode on the various tuna species and management prospects of FAD fisheries.

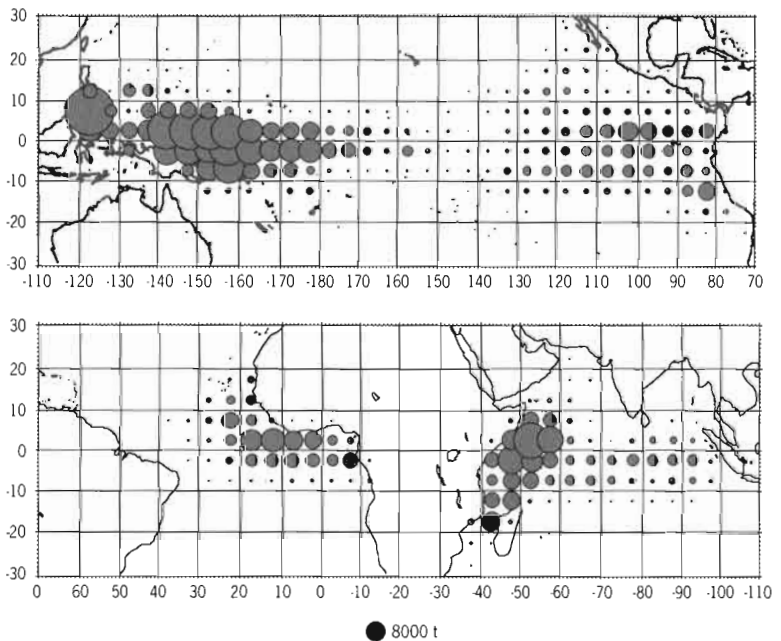
This work will be based on fishery data obtained, either from the published literature, or from data kindly provided by the IATTC¹ and the SPC² (cf. annex 1: data). All comparisons among FAD fisheries will be done between the Atlantic, Indian and Pacific Oceans, but the Pacific will be divided into its two eastern and western basins, separated at 150° West.

Trends and characteristics of purse seine FAD fisheries worldwide

Fishing zones on FADs

A map showing the average catches of purse seiners under FADs, by 5 degrees squares, during recent years (1994-1997) is given in figure 1. This figure shows that FAD fisheries are mainly distributed worldwide between 15°N and 15°S, the largest catches being taken in Western Pacific and to a lesser degree in the Western Indian Ocean and other

Figure 1
Estimated average catches of tunas by purse seiners on FADs by 5 degrees squares (period 1994-1997).



1. IATTC: Inter-American Tropical Tuna Commission.
2. SPC: Secretariat of the Pacific Community.

areas. This average fishing map shows well that both Indian and Pacific Oceans are now entirely exploited with FADs. In the Atlantic Ocean, only the eastern basin is exploited with FADs.

Catch trends and species composition

Tuna fisheries using FADs were developed actively worldwide in all oceans since the late eighties and early nineties: they are now catching an estimated weight of about 1 million tons of tunas yearly. The percentages of the purse seine tunas which were taken on FADs in each ocean during recent years 1994-1997 are given in table 1; table 2 gives the average species composition of tunas caught under FADs during the same period, in each area. They are primarily targeting skipjack tuna, which is everywhere the dominant species under FADs: skipjack catches amount for an average 63% of tuna FADs catches, and correspond to 55% of world skipjack catches by purse seiners.

Table 1 - Percentage of FAD-associated catches versus total tuna catches (yellowfin, skipjack and bigeye tunas) taken in each fishing zone on FADs by purse seiners during recent years (period 1994-1997).

Ocean	Yellowfin	Skipjack	Bigeye
Atlantic	22.1	68.1	84.1
Indian	52.1	80.7	85.4
Eastern Pacific	11.4	72.0	96.4
Western Pacific	21.4	55.2	66.5

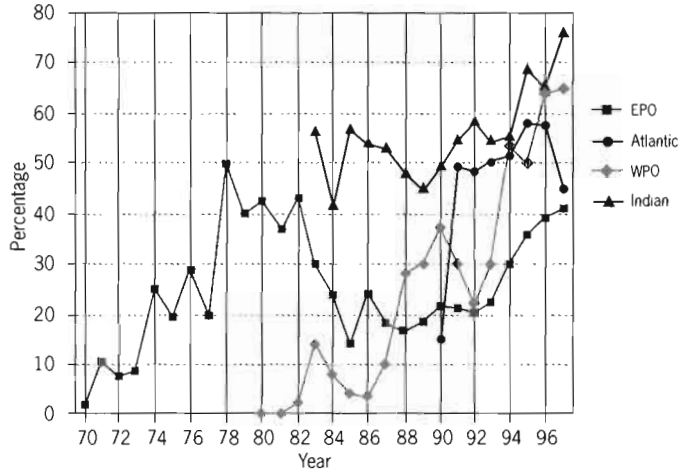
Table 2 - Average percentage of each species (yellowfin, skipjack and bigeye tunas) in the catches on FADs by purse seiners, in each fishing zone, during recent years (period 1994-1997).

Ocean	Yellowfin	Skipjack	Bigeye
Atlantic	33.7	56.5	9.7
Indian	22.1	61.2	16.7
Eastern Pacific	25.5	55.5	19.0
Western Pacific	20.8	77.9	1.3

This fishery is also catching significant quantity of yellowfin (an average 25% of tuna caught under FADs, 21% of yellowfin catches by purse seiners) and bigeye (12 and 66%). The comparison of the species composition of tuna catches under FADs shows quite minor differences between oceans. It can be noticed for instance that:

- in the Western Pacific, bigeye tuna caught under FADs may be less abundant than in other areas, but this low percentage could be due to a species identification bias (in the absence of a systematic species sampling);
- the FAD fishery contributes to a large proportion of yellowfin catches by purse seiners in the Indian Ocean (52% of total yellowfin catches), but only a small proportion in the Eastern Pacific (11%) (when the species composition of FAD-associated tunas is very similar);

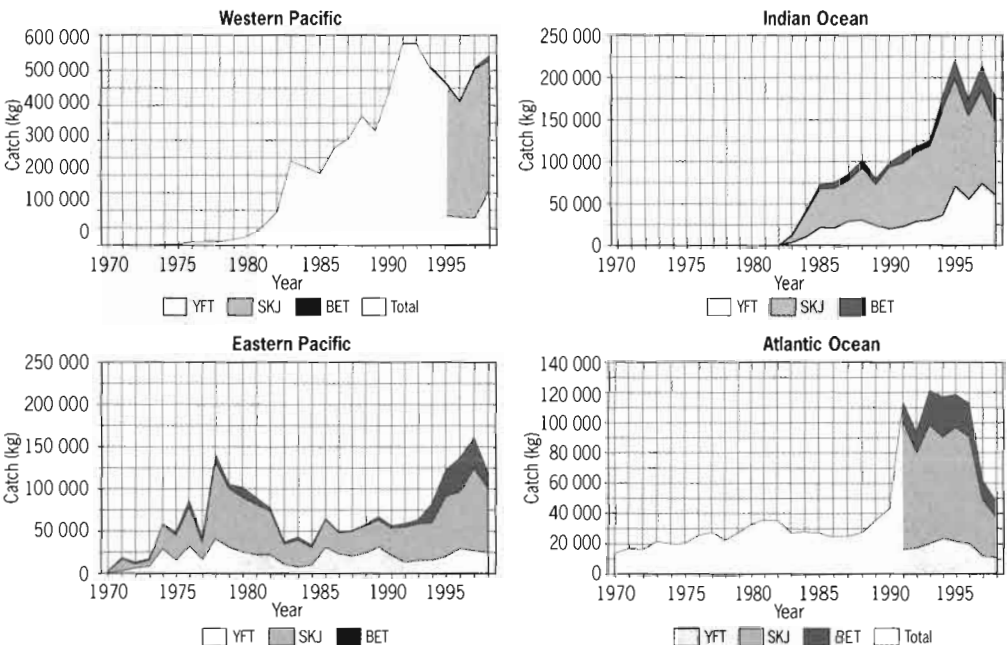
Figure 2
Estimated percentage of tunas caught by purse seiners under FADs in each of the four major fishing areas (EPO: Eastern Pacific Ocean, WPO: Western Pacific Ocean).



- the percentage of total catches taken during recent years under FADs is high in all oceans (fig. 2), the higher percentages being observed in the Indian Ocean (75% in 1997) and in the Western Pacific (65%), and the lowest in the Eastern Pacific (40%).

During recent years, each of the four fishing zones shows large increase of FAD-associated catches (fig. 3). However, both the number of purse seiners using FADs and the average number of FADs used by each purse seiner are poorly estimated by statistical agencies. It was recently estimated (Ménard *et al.*, 2000) that about 3 000 FADs were used permanently by the 45 purse seiners landing in Abidjan (i.e. an average of more than 60 FADs used by each purse seiner). Knowing that about

Figure 3
Estimated yearly tuna catches taken by purse seiners under flotsam and FADs (period 1994-1997) in each of the four major fishing zones (YFT: yellowfin, SKJ: skipjack, BET: bigeye).



500 industrial purse seiners are active worldwide, the total numbers of FADs used worldwide could probably be estimated in tens of thousands.

Sizes of tunas taken under FADs

Tunas associated with FADs are primarily of small sizes: the three tuna species targeted under FADs (skipjack, yellowfin and bigeye), show a similar mode at about 48 cm with a large majority of tunas caught under FADs at sizes less than one metre (fig. 4). The tuna sizes observed under FADs are quite similar for each species in the different fishing zones (fig. 5). It should be noted that significant weights of large

Figure 4
Average sizes of tunas, (yellowfin, skipjack and bigeye) taken by purse seiners under FADs (worldwide average, recent years). (YFT: yellowfin, SKJ: skipjack, BET: bigeye).

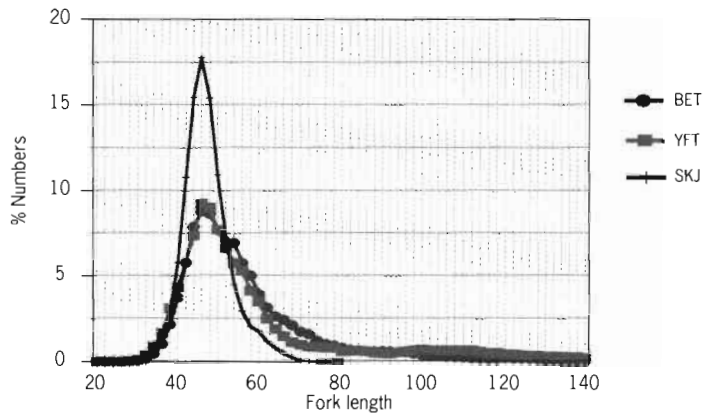


Figure 5
Average sizes of yellowfin, skipjack and bigeye, taken by purse seiners under FADs in each of the four fishing zones (recent years).

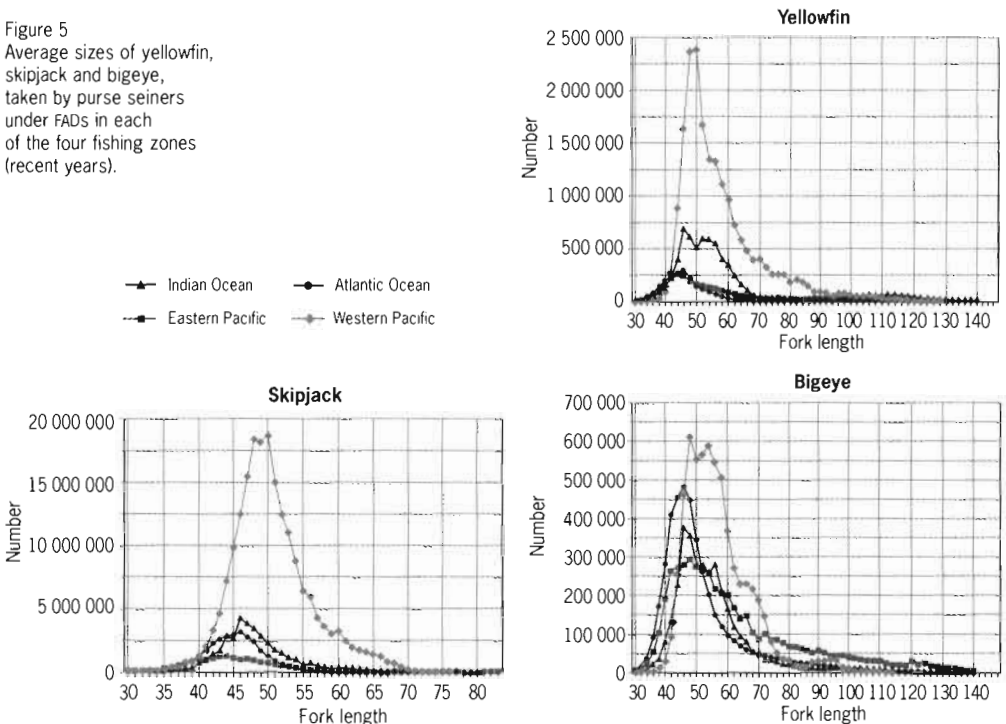
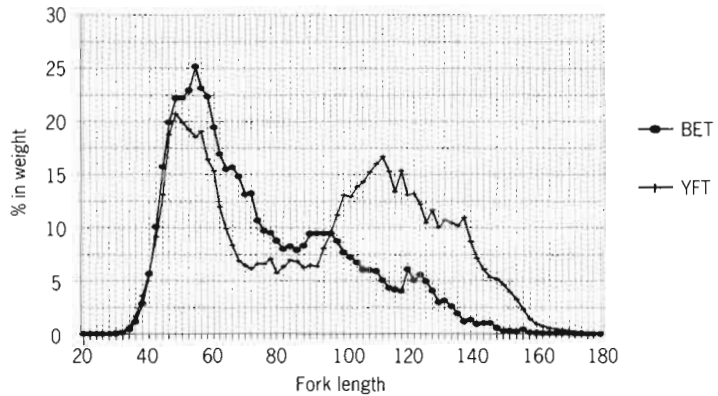


Figure 6
Average weight of yellowfin (YFT) and bigeye (BET) by 2 cm size classes taken by purse seiners under FADs (worldwide average, recent years).



yellowfin (and also to a lesser degree of large bigeye) are often taken under FADs (fig. 6) especially in the Western Pacific (fig. 5). This significant proportion of large yellowfin would explain why the yearly average weight of yellowfin caught under FADs is most often in a range between 5 and 10 kilogrammes.

However, some peculiarities are quite typical of the sizes taken in each area, for instance:

- the proportion of large yellowfin is greater in the Indian and Western Pacific Oceans;
- large skipjack are often taken significantly in the Western Pacific (and to a lesser extent in the Indian Ocean);
- large bigeye are often taken significantly in the Eastern Pacific;
- the proportion of very small tunas taken under FADs shows some differences among oceans (more discards in the Eastern Pacific), but part of this heterogeneity is probably due to variable rates of small tuna discarding. In general, discards of small tunas tend to be lower in the Indian and Atlantic Oceans because of the existence of local markets, in which undersized tunas are easily sold, and also because canneries are more flexible in some areas to buy these small tunas.

Some peculiarities of FAD sets

Three major peculiarities of FAD-associated sets have been commonly observed worldwide in all purse seine fisheries (Fonteneau, 1992):

- most FAD sets are done very early in the morning, before sunrise; as a consequence, most of the daytime can still be used to search for other tuna schools. However, there is also a tendency to increase the frequency of FAD sets during the day;
- positive sets done upon the same FAD are often observed during successive days (sometimes more than eight). In such case, there is a tendency to observe (1) a decrease of the average catch per set, (2) changes in the tuna species composition (in general a faster decrease of skipjack) and (3) changes in the average sizes of tuna caught (in general with an increasing average weight) (Ariz *et al.*, 1999);

- the rate of successful sets under FADs is always very high in all the oceans, above 90%, whereas about 50% of the sets done on free swimming schools are unsuccessful.

FAD technology

Similar design and size of FADs are used by all purse seine fisheries worldwide: FADs are most often built by the fishermen themselves (and without any technical or financial support from their States) with a bamboo framework (about 3 x 1.5 m), and they all carry a radio-location beacon and antennas, various systems being used. These location devices often allow to follow by satellite, permanently and in real time, the exact position of FADs and to analyse later these positions and the drift of FAD on a personal computer (on board or on shore). This analysis of FADs movement, associated to other satellite information (such as sea-surface temperature, waves, ocean color, etc.) will provide to the fishermen a better understanding of surface current patterns, fronts, eddies and convergences (which are useful to improve their searching patterns). Underwater nets are commonly attached under FADs. The length of these nets shows an increasing trend and can reach a depth of 50 m in the Eastern Pacific. The effectiveness of these larger nets to attract tunas has not been fully evaluated by scientists. There is also some indication that light sources associated to FADs are sometimes used at night (both underwater and surface lights), at least by some fleets, but the frequency of this use and its potential efficiency remain poorly documented. The use of bait fixed to the FAD in order to attract tunas was well described by observers in the Eastern Tropical Pacific, but it seems that this bait is not presently used in other fishing zones.

In some areas of the Western Pacific, anchored FADs are commonly used by purse seiners (Sibisopere, 2000). The amount of tunas taken by this fishing mode is quite high in Philippines and Solomon Islands or Indonesia, but it remains very rare or absent in other fishing zones. Supply vessels are also frequently used (mainly by Spanish purse seiners) in order to deploy and to maintain FADs, and to check permanently the quantities of tunas under its FADs. They will call a purse seiner from their company when they observe large amount of tunas under one of their FADs.

As a conclusion, it is quite clear that the FAD technology has been evolving very quickly worldwide and quite independently in each area (but always in order to improve the efficiency of FADs). However, fishermen often keep most of these changes secret, and the technical documentation available on drifting FADs is poor. It is then difficult first, to describe exactly all the characteristics of the FADs which are used, and second, to evaluate the importance of each new characteristics of these FADs and their effects on the various tunas species and sizes which are targeted. This efficiency may vary according to the ocean region as a function of its local environment.

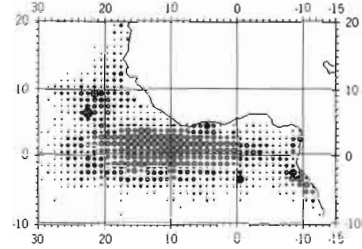
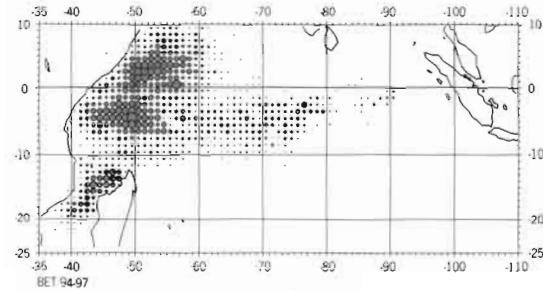
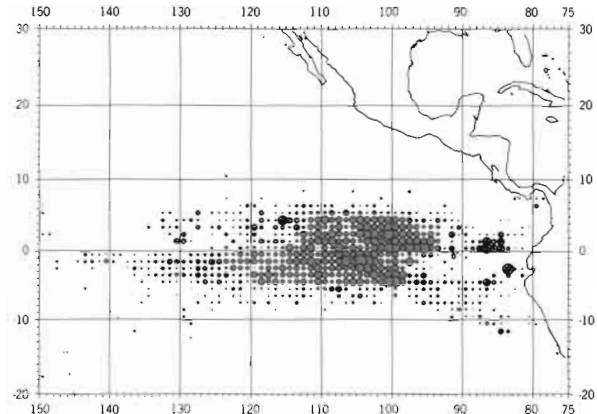
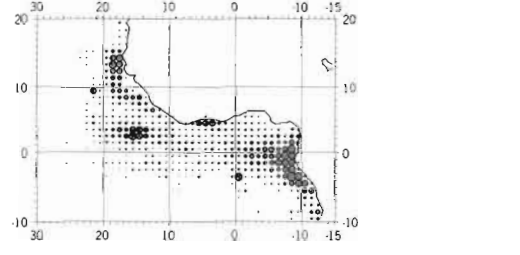
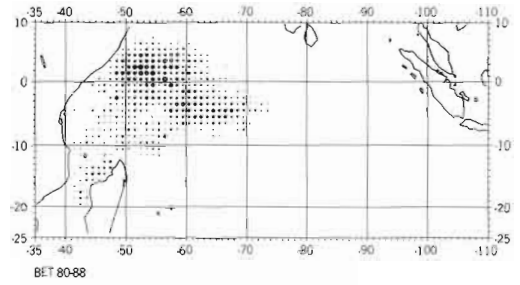
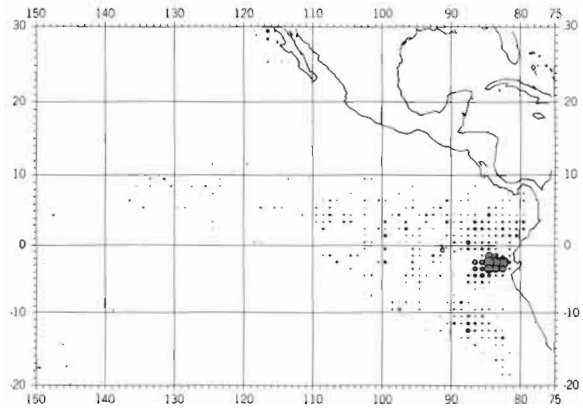
Tuna stock assessment and FADs

A global problem

It is now quite clear for all scientists that the increased use of FADs has introduced worldwide major changes in the fishing patterns of most purse seine fisheries and consequently, in the exploitation of tuna stocks. Two examples, bigeye and skipjack stocks, are first analysed. This specific overview will be followed by a presentation of several problems which have been introduced in the stock assessment by the seeding of large numbers of FADs in the offshore pelagic areas: changes in the concept of fishing effort, changes in yield per recruit and other potential biological effects.

Bigeye and FADs

The massive development of fishery operations using FADs, in association with changes in the fishing technology (for instance the use of deeper nets described in the Atlantic by Gaertner & Sacchi, 1999), has produced worldwide a large increase of catches of small bigeye associated with FADs. This massive use of FADs has also produced a spectacular increase of bigeye fishing zones (with small bigeye being taken now in areas where they were not fished before, figure 7). This quick and unexpected change in the bigeye surface fisheries is a source of serious concern in various tuna commissions (IATTC, ICCAT, IOTC). As FADs fishery is catching small bigeye, when the longline fishery is catching only adults (fig. 8), there are two increasing concerns: first a short-term risk to reduce the yield per recruit, and second, a risk to face in the future a recruitment overfishing due to the recent FAD catches. This recruitment overfishing might be observed after a biological delay of about 3 to 10 years, a duration needed to reach a biological equilibrium of the spawning biomass (with a spawning stock too low to produce the historical recruitment of bigeye stocks). This recruitment overfishing has never been observed for any tropical tuna species, but there is a speculation that bigeye may face soon this situation because of the spectacular increase of juveniles catches since the early nineties (when catches of adults by longliners were also seriously increased). A first potential symptom of this excessive decline of the spawning stocks is given by the longline CPUE catching spawners. Surprisingly, this index shows a permanently decreasing trend in all oceans, for instance in the Atlantic and Indian Oceans (fig. 9), but at a quite constant rate during the period 1969-1997 (and without the spectacular decline which could be expected during recent years as a consequence of the large catches of juveniles by FAD fisheries). At this stage, there is still a serious concern with the increasing catches of bigeye by purse seiners on FADs, but these effects have not yet been demonstrated in any bigeye stock.



● 500 t

Figure 7 - Average catches of bigeye tuna by purse seiners in the Eastern Pacific, the Atlantic and the Indian Oceans before the development of FAD fisheries (period 1980-1988, left figures) and with FADs (period 1994-1997, right figures).

Figure 8
 Sizes of bigeye tuna taken by purse seiners (PS, primarily under FADs) and by longliners (LL) in the Atlantic (period 1991-1997).

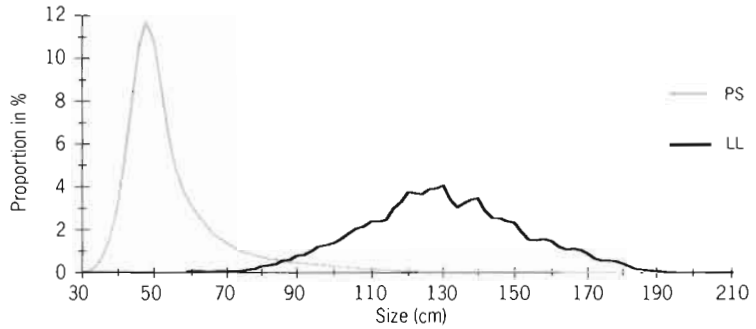
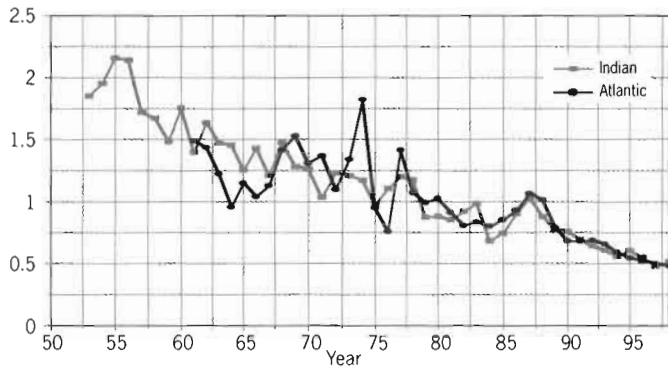


Figure 9
 Index of abundance of adult bigeye tuna taken by Japanese longliners in the Atlantic and Indian Oceans (the two series of CPUE indices have been normalized to the same average).



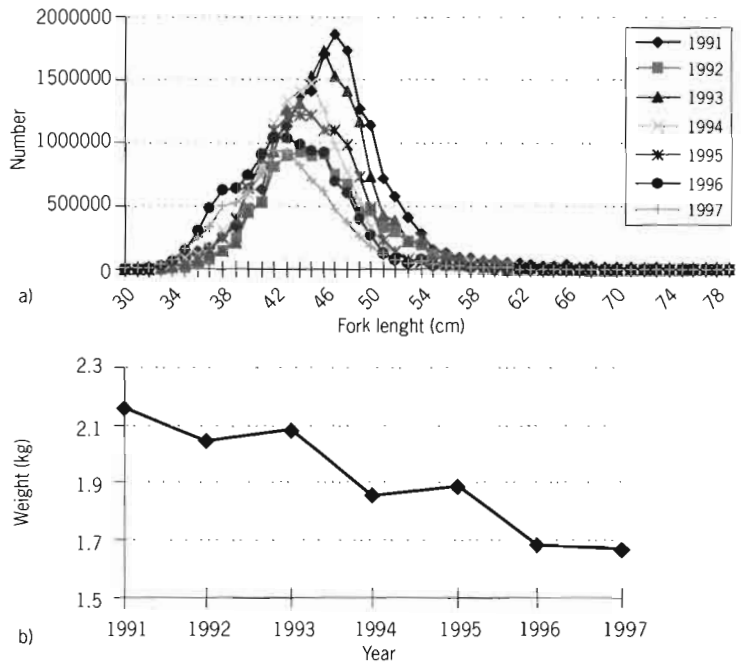
FADs and Atlantic skipjack

The massive use of FADs has produced worldwide a spectacular increase of skipjack catches. Skipjack stocks are most often estimated to be still underexploited by the different tuna commissions. Since 1990, this is no longer the case for Atlantic skipjack since the working group held by the ICCAT on this stock in 1999 (ICCAT, 1999). In the Atlantic, skipjack is the dominant species targeted by FAD fisheries. However, this increased fishing effort has produced a spectacular and unexpected decrease of skipjack catches (fig. 3), and also a significant decrease of average sizes in the major fishing zone on FADs (fig. 10). The ICCAT diagnosis was that Atlantic skipjack suffered during recent years growth overfishing, at least in the equatorial regions where the more active FAD fisheries were developed.

FAD, effort, CPUE and abundance

FADs equipped with sensors and radio-beacons have recently introduced a major change in the traditional concept of the purse seine fishing in which fishing effort was primarily a searching activity. Nowadays, when large numbers of FADs are deployed, searching time can no more provide a measure of fishing effort, because fishing effort is now a mixture of time periods devoted (1) to visit targeted FADs, or (2) to randomly search free schools. As a consequence, it is now very difficult to use the catch per unit effort or CPUE as an index of local abundance; this assessment problem is faced equally for both the FAD and the free-school fisheries, as log books never indicate times spent searching free schools or targeting FADs.

Figure 10
Yearly sizes of skipjack
(fig. 10a) and yearly
average weight (fig. 10b)
taken by purse seiners
in the equatorial area
(Atlantic).



The average catch per set on FAD may become a better index of the local abundance for small tunas (assuming that there is a relationship between the local biomass which is available in each strata and this catch per set) but, this index would need more research. It would necessitate at least the knowledge of the number of FADs deployed in the area, because the biomass of tuna associated to each FAD will decrease while the numbers of FADs increases, assuming a given biomass in the area.

Changes in yield per recruit and natural mortality

One of the major difficulty presently faced by all tuna commissions is to estimate the long-term yield per recruit effect of drifting FADs fisheries for each tuna species. Any yield per recruit calculation needs a good knowledge of growth and natural mortality at all ages. Unfortunately, the natural mortality M estimated for juvenile tunas is poorly estimated for all tuna species and this uncertainty will largely condition most of the conclusions obtained from the analysis:

- If the actual M of juveniles is low (for instance the same as for the adults), then the massive use of FADs would, after several years (during their exploited life), produce a significant decrease of the yield per recruit. In this hypothesis, various bigeye stocks should soon face a significant decrease of their yield per recruit; they could also face an unknown risk of recruitment overfishing (when each of the cohorts exploited on FADs by the new fishery will be fully recruited in the adult stock).
- If juvenile M of tunas is high, for instance much larger than the adults one, the corresponding fishing mortalities of juveniles taken on FADs may still be quite low (even when large catches are observed). Such high

estimates of M were obtained for yellowfin by Hampton & Fournier (1999). For juvenile bigeye tuna less than one year old, yearly estimation of M over 4.0 is a very high level compared to the $M=0.4$ estimations for adult bigeye by Hampton (in Bertignac, 1999). For skipjack smaller than 30 cm M level estimation is over 2.0. In this case, the potential effect of FADs may be hardly visible for any tuna stocks unless when the adult stock is already very heavily fished.

The present uncertainties upon M are clearly so large that there is very little hope to evaluate precisely the changes in the yield per recruit due to increased FAD fishing. Intensive tagging of small tunas is probably the most efficient way to estimate this key biological parameter. In the absence of specific researches on natural mortality, the present large-scale increases of small tuna catches should be considered as an interesting (but not precautionary) overfishing experiment:

- if the present high catches are sustained, this would mean that natural mortality of juvenile is probably relatively high (or the recruitment much larger than presently estimated);
- if an overfishing does occur in the near future, growth or recruitment overfishing, this would probably means that natural mortality of juveniles was relatively low.

The full consequences of this experimental' overfishing will be apparent within few years.

Other potential effects of FADs on tuna stocks and fisheries?

There are probably also various other potential effects of FADs on the tuna resources including the following:

- **Genetic erosion** for some fraction of stocks which may show, in relation with their genome, a behaviour of strong association with FADs. This sub-population may then be eliminated by the selective pressure on FADs (Cury & Anneville, 1998; Allendorf *et al.*, 1986);
- **Differential effects of FADs** upon each of the major tuna species. Because of their different intrinsic potential to face growth and recruitment overfishing, the FAD fishery may introduce a specific advantage or disadvantage for each of the targeted species (yellowfin, skipjack or bigeye) and may accelerate the potential effects of fisheries in the pelagic ecosystems;
- **FAD = ecological trap?** This question is still pending (Marsac *et al.*, 2000), but several facts are consistent to support the hypothesis that the recent massive seeding of FADs in the equatorial areas could modify one or more biological characteristics of the concerned tropical tunas: movement pattern, growth and natural mortality. If this hypothesis is confirmed, all the analyses which are conducted presently under the assumption that these biological characteristics are constant, could be seriously biased (at an unknown level);
- **Interaction between drifting and anchored FAD fisheries.** The number of anchored FAD fisheries has increased recently in order to target tunas and associated species. There is then a potential interaction

between the offshore industrial fisheries using drifting FADs and the artisanal ones targeting tunas with anchored FADs. This could be the case when they are exploiting the same species in adjacent areas, such as in the Eastern Pacific, the purse seine fishery on FADs and the Polynesian FAD fishery. Taking into account the fact that the artisanal fisheries have very little or no alternative to catch their target species, this potential interaction would need to be carefully evaluated. This task was partly done during the recent FAO research project on tuna fisheries interactions (Shomura *et al.*, 1996); however, as this project was done at an early stage of the FAD fisheries, very few firm conclusions were obtained upon this topic.

Presently, none of these potential risks has been fully evaluated, but in the new context of precautionary approach, they should already be taken into account in the development of FAD fisheries, and further research should be developed in order to evaluate each of the risks involved in this FAD fishery.

Conclusion: tuna stock assessment and FADs

Unfortunately, the present biological knowledge and models do not allow making realistic projections of the potential effects of increased FAD fisheries. Therefore, it is necessary to monitor very closely, preferably in real time, any potential changes in the levels of catches, CPUE and sizes taken, for both FAD fisheries and the other ones. The three main tropical tuna species, skipjack, yellowfin and bigeye, should be monitored carefully, bigeye being probably the most sensitive species in this list, with perhaps a potential risk of recruitment overfishing, after an unknown but quite long-time lag.

This comparative follow-up and analysis of the changes occurring in the four ocean areas (Atlantic, Indian, Eastern and Western Pacific), should be a high priority and this analysis should preferably be conducted within a joint FAD research programme developed in a coordinated way by the various tuna bodies.

Potential effects of FADs on the pelagic ecosystem

Introduction

The FAD fishery by purse seiners is often catching (and often discarding) significant quantities of by-catches (tuna and other species). This overview will try to compare the rates of by-catches by the various purse seine fisheries using FADs worldwide. Two questions will be tackled:

- what are the by-catches and discards associated to FADs in the purse seine fisheries?
- what are the potential effects on the offshore pelagic ecosystems of this removal?

This overview is based upon data of variable sources and quality, all taken from the literature and from observer data (observations done during recent years, but not during the same period).

Quantitative estimates of by-catches

The species composition of by-catches appears to be quite similar in the four ocean areas (Atlantic, Indian, Eastern and Western Pacific) as shown in annex 2. Small tunas (skipjack, juveniles of yellowfin and bigeye, *Auxis*, *Sarda*, *Euthynnus*, etc.), rainbow runner (*Elagatis*), billfishes (marlins and sailfishes), "mahi-mahi" (genus *Coryphaena*), triggerfish (genus *Balistes*), wahoo (genus *Acanthocybium*), sharks and few turtles are species most often found under FADs (fig. 11).

Figure 11
Estimated percentage of quantitative discards by purse seiners (worldwide), for the main groups of by-catches, on FAD schools (recent years, the periods are different in each ocean, as a function of observer data available).

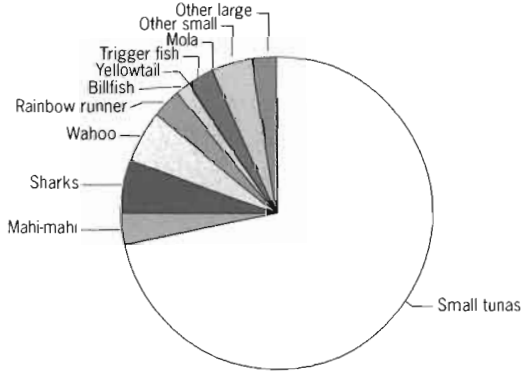
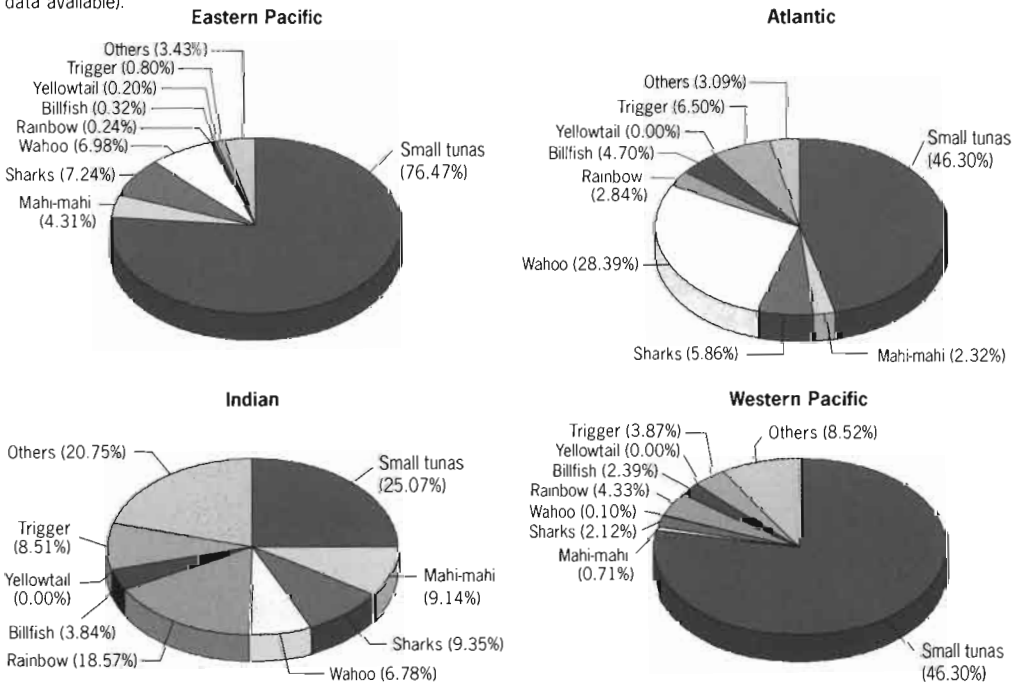


Figure 12
Estimated percentage of quantitative discards by purse seiners in each of the four fishing zones, for the main groups of by-catches, on FAD schools (recent years, the periods are different in each ocean, as a function of observer data available).

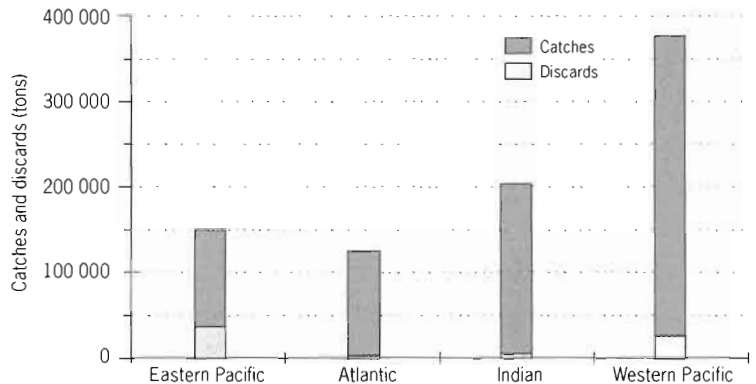
It can be noted however that this associated fauna shows interesting differences in its species composition in each area (fig. 12). In various cases, it should be noted that this by-catch is often sold to local markets (Atlantic and Indian Ocean, Romagny *et al.*, 2000), when they are dumped dead at sea in other areas (Pacific Ocean, IATTC, 1999). This



variable local market explains why discard rates are quite variable between oceans.

The average amount of by-catches taken on FADs are quite significant (an average of about 10% of the world tuna catches on FADs by purse seiners, figure 13), but the total weight of these by-catches remains moderate (e.g. about 100,000 tons yearly worldwide, mostly small tunas, on a total landed tuna catch of about one million tons). This by-catch can be considered as being quite minor in comparison with the very large size of the equatorial pelagic ecosystems, the equatorial ecosystems (as proposed by Longhurst, 1998) covering approximately 77 million square kilometres (respectively 13, 21 and 43 million square kilometres for the Equatorial Atlantic, Indian and Pacific Oceans). This also can be considered as a minor by-catch, for instance compared with total discards of shrimp fisheries (using trawls) estimated at 9.5 million tons yearly by Alverson *et al.*, 1994 (in a fishing area which is much smaller than the tuna fishing zone).

Figure 13
Estimated average catches of tunas taken under FADs by purse seiners and estimated by-catches in each of the four fishing zones (recent years, the periods are different in each ocean, as a function of observer data available).



As a consequence of this quite low level of by-catches, there is probably still a low or moderate impact of FAD fisheries on the pelagic ecosystems taken as a whole. However, the potential negative impact of FAD catches on some specific group of fishes (or some sensitive species) should be well-monitored. For instance, a given sub-population of hammer-head sharks, turtle or "mahi-mahi" could suffer at a local level an excessive fishing mortality which may be dangerous, either for the local artisanal fishery or for a local sub-population (Cury & Anneville, 1998). These potential local problems should then be evaluated carefully, based on a permanent analysis of observer and artisanal fishery data.

Only well-planned *ad hoc* observer programmes do allow to estimate the species composition and quantities of FAD-associated by-catches. Observer data should then be collected routinely on all major purse seine fleets in order to monitor carefully these by-catches and to incorporate those observations in databases that could be accessed and used by interested scientists. However, it should be noted that, because of the spatial and temporal stability of the FAD-associated by-catches, a quite low rate of observers (for instance between 5 and 10%) can probably allow to estimate quite precisely the by-catches of most species by fleet and region.

This low rate is probably valid at least when the observer data are well-stratified and extrapolated using this stratification, in association with the log book information. Lennert from the IATTC and Fonteneau obtained this preliminary, but very interesting and quite logical conclusion with a bootstrap analysis conducted with the IATTC observer data (coverage rate of about 100%). This very interesting result still needs to be validated for each of the major species, and to be published.

Management prospects of FAD fisheries

In the present context of precautionary management of fisheries, there is now an increasing international pressure to reduce the use of FADs by purse seiners. This tendency is logical, even though the negative long-term effects of FADs on tuna stocks and their ecosystems are still widely hypothetical. This trend to reduce the use of FADs is primarily targeting a safer management and a better conservation of tuna stocks. Even the fishermen themselves are fully aware of the potential danger of an excessive use of FADs: the moratorium on the use of FADs in the Atlantic was an initiative taken by the European Union fishermen. However, very few practical ways have been presently identified to efficiently reduce the use of FADs by purse seiners, and this reduction will be a difficult challenge for the various tuna commissions and for the purse seine tuna industry.

Most reduction in the use of FADs would produce large losses of catches, especially skipjack, but also of bigeye and yellowfin as well of non-tuna by-catches (which are becoming very interesting for many purse seiners in the Atlantic and in the Indian Ocean (Romagny *et al.*, 2000). Various potential measures are now studied by tuna commissions and tuna boat owner associations in order to reduce FAD fisheries, such as:

- A ban of the supply vessels (already done by the IATTC);
- Limiting the numbers of FADs deployed (as the present number of FADs used is still poorly estimated, this scheme may be unrealistic);
- Limiting the sizes of nets under FADs (such measure was envisaged by the IATTC, but it will be difficult to control and its potential effects are still unknown);
- Limiting the electronics used on FADs (again difficult to manage);
- Implementing catch quotas of small tunas taken on FADs (observers are needed on every purse seiner);
- Implementing Moratorium of FADs in well-selected strata (primarily strata with large catches of tunas on FADs), such as the management measure applied in the Atlantic since 1997 (observers are also needed, and the negative intrinsic effects of FADs may remain);
- Complete area closure (will be easy to manage when all boats will carry vessel monitoring system devices).

Most fishermen, scientists and fishery managers agree that the use of FADs should be limited at reasonable levels and closely monitored. One logical conclusion would be for instance that the use of FADs should

have been permitted to increase more slowly, allowing scientists to evaluate empirically their risks. There are presently multiple uncertainties and difficulties, practical and political, to choose and to implement the management measures on FADs which would limit their negative impact, still allowing to catch large quantities of skipjack tunas, and of large yellowfin and bigeye.

Conclusion: drifting FADs and purse seine fisheries

This synthesis upon purse seine fisheries operating worldwide on FADs demonstrates the major importance of this fishing mode developed during the last ten years. This overview shows well the great similarities between the various FAD fisheries that are active worldwide:

- similar importance in terms of percentages of tunas caught on FADs;
- similar trends in their development during recent years;
- similar species composition and sizes of tuna taken under FADs;
- similar by-catches of associated fauna (in terms of their quantities and species composition).

It is also clear that the massive development of the FAD fisheries is presently introducing major uncertainties in most stock assessment studies done on tropical tunas. It is also raising serious potential problems concerning the conservation of tuna stocks, primarily bigeye tunas, but also skipjack in some areas. Many serious uncertainties also remain concerning the long-term effects of this recent development. There are first serious reasons to consider that this new fishing technique may have strong negative impact on the yield per recruit of some species (primarily bigeye, and to a lesser degree other species such as yellowfin). There is also serious concerns that an excessive use of FADs and an excessive catch of juveniles may produce at a longer term (for instance within 10 years or more) a dangerous decrease of tuna spawning stocks which could lead later to recruitment overfishing. This would be a critical situation, never observed until now for tropical tunas, which could reduce fishing activities at very low levels and during quite long periods. Furthermore, there is also serious concerns that the large numbers of FAD seeded may modify the biological characteristics of tuna species (changing their movement patterns, natural mortality and growth), independently of the level of tuna catches. The significant accidental mortality of by-catches species in most FAD sets can also be a legitimate source of worry, even though the total weight of these discards can be considered as quite low in comparison of the very large biomass of the oceanic ecosystems exploited by purse seiners. In the new context of precautionary management of exploited resources, the conclusion most often reached by fishermen, scientists and tuna commissions is that the use of FADs should be limited and controlled at reasonable and moderate levels, even though their real danger cannot yet be fully evaluated. This controlled activity would allow a sustainable exploitation of each targeted species (yellowfin, skipjack and bigeye) and would not

hamper the ecological equilibrium in the pelagic areas. Various actions have been already taken to limit the use of FADs or to reduce their efficiency, but there is no clear and optimal solution among the various management options that are presently taken or envisaged. In the new context of the precautionary approach applied to the management of fisheries, this limitation of FAD use by purse seiners should be an urgent goal, even though the real risks remain still quite uncertain.

A clear and firm conclusion from this study is that the problems of FADs, both scientific and management ones, should preferably be tackled at a worldwide scale. This recommendation is a logical one, taking into account the great similarities between tuna species, tuna fisheries and FAD trends worldwide. This international cooperation should lead urgently to an *ad hoc* world research programmes on FAD fisheries. This research should take into consideration, not only the drifting FAD fisheries, but also the combined rational use of drifting and anchored FADs, and the potential interaction between the two fisheries. This active international research should be based for instance on a very active cooperation between the tuna commissions (which has never been well developed in the past). The FAO and its Fishery department should preferably play an active role in this plan leading to a more sustainable exploitation of world tuna resources.

Acknowledgments

An active cooperation with technicians and scientists from various Indian Ocean and Atlantic countries has been developed and has allowed obtaining very consistent databases concerning FAD catches in these two oceans. Each and all of them should be thanked for their active and efficient work, and for the very good databases upon FADs that they have submitted to the ICCAT and IOTC. In the Eastern Pacific, fishery data were kindly provided by the IATTC staff, and it is our pleasure to thank the IATTC staff for its full and permanent cooperation. In the Western Pacific, data were kindly provided by the SPC staff and by Gary Sakagawa (NMFS, San Diego). We give our sincere acknowledgment to both.

The first manuscript of this text has received extensive corrections, clarification and improvement following the criticism and counter proposals of the three anonymous referees. We want to thank them anonymously for their time and energy spent on this manuscript.

Bibliographic references

- Allendorf F., Ryman N., Utter F., 1986. Genetics and fishery management: past, present and future. *In*: Population Genetics and Fishery Management. Rymans N. & Utter F. (eds), Univ. of Washington Press, 1-19.
- Alverson D.L., Freeberg M.H., Murawski S.A., Pope J.G., 1994. A global assessment of fisheries by-catch and discards. FAO Fish. Tech. Pap., 339, 233 p.

- Ariz J., Delgado de Molina A., Delgado de Molina R., Pallarés P., Santana J.C., 1999. Resultados de la explotación de los cardumenes de tunidos asociados a un dispositivo agregador de peces, mediante diez pescas consecutivas. Doc. ICCAT/SCRS, 99/63, submitted for publication in the Recl. Doc. Sci. ICCAT.
- Bailey K., Williams P.G., Itano D., 1996. By-catch and discards in Western Pacific tuna fisheries: a review of SPC data holdings and literature. SPC Oceanic Fish. Progr., Tech. Rep., 34.
- Cury P., Anneville O., 1998. Fisheries resources as diminishing assets: marine diversity threatened by anecdotes. *In*: Global versus local changes in upwelling systems. Durand M.H. (ed.). IRD Éd., 537-548.
- Dingle H., 1996. Migration, the biology of life on the move. Oxford University Press, 474 p.
- Edwards E., Perkins P., 1997. Estimated tuna discard from dolphin school, and log sets in the Eastern Tropical Pacific Ocean, 1989-1992. Fish. Bull., 96, 210-222.
- FAO, 1995. Precautionary approach to fisheries. FAO Fish. Tech. Pap., 350.
- FAO, 1996. Code of conduct for responsible fisheries. FAO Fish. Dep.
- Fonteneau A., 1992. Pêche thonière et objets flottants : situation mondiale et perspectives. Relatorio 12a, Semana das Pescas dos Açores, Relatorio 1992, 83-110.
- Fonteneau A., 1997. Atlas of tropical tuna fisheries: world catches and environment. Orstom Éditions, 191p.
- Fréon P., Misund O., 1998. Dynamics of pelagic fishes, distribution and behaviour. Effect on fisheries and stock assessment. Fishing News Books, 348 p.
- Gaertner D., Sacchi J., 1999. Observations sur l'évolution de la dimension des sennes utilisées par la flottille française de senneurs tropicaux opérant dans l'océan Atlantique. Doc. ICCAT/SCRS, 99/81. Recl. Doc. Sci. ICCAT, 8 p.
- Hampton J., Fournier D., 1999. Updated analysis of yellowfin tuna catch, effort, size and tagging data using an integrated, length-based, age-structured model. 12th SCTB, Tahiti, 16-23 June 1999. SPC, Noumea, WP YFT-1, 19.
- Hampton J., 1999 (*in* Bertignac, 1999). Estimating some potential interactions between fleets in the tuna fisheries of the Western and Central Pacific using a multi-gear, multi-species and age-structured simulation model: a preliminary account. 12th SCTB, Tahiti, 16-23 June 1999. SPC, Noumea, WP RG-1, 21.
- IATTC, 1999. Proceedings of the international workshop on the ecology and fisheries for tunas associated with floating objects. Spec. Rep. I-ATTC, 11, 480 p.
- IATTC, 1999. Annual report of the Inter-American Tropical Tuna Commission 1997.

- IATTC, 1999. SCRS report. *In: Report of the biennial period 1998-1999*, vol. 1.
- Longhurst A, 1998. Ecological geography of the sea. Academic Press, 398 p.
- Marsac F., Cayré P., 1998. Telemetry applied to behaviour analysis of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) movements in a network of Fish Aggregating Devices. *Hydrobiologia*, 371/372, 155-171.
- Marsac F., Fonteneau A., Ménard F., 2000. Drifting FADs used in tuna fisheries : an ecological trap? *In: Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons*. Le Gall J.-Y., Cayré P., Taquet M. (eds). Éd. Ifremer, Actes Colloq., 28, 537-552.
- Ménard F., Fonteneau A., Gaertner D., Nordstrom V., Stequert B., Marchal E., 2000. Exploitation of small tunas by a FAD purse seine fishery and their feeding ecology in a peculiar ecosystem of the Eastern Tropical Atlantic. *ICES J. Mar. Sci.* (in press).
- Romagny B., Ménard F., Dewals P., Gaertner D., N'Goran N., 2000. Le « faux-poisson » d'Abidjan et la pêche sous DCP dérivants dans l'Atlantique tropical Est : circuit de commercialisation et rôle socio-économique. *In: Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons*. Le Gall J.-Y., Cayré P., Taquet M. (eds). Éd. Ifremer, Actes Colloq., 28, 634-652.
- Shomura R.S., Majkowski J., Harman R. (eds), 1996. Status of interactions of Pacific tuna fisheries in 1995. *FAO Fish. Tech. Pap.*, 365, 612 p.
- Sibisopere M., 2000. The significant contribution of FADs to Solomon Taiyo Limited's fishing operations. *In: Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons*. Le Gall J.-Y., Cayré P., Taquet M. (eds). Éd. Ifremer, Actes Colloq., 28, 653-662.
- Smith P.J., Francis R.I.C.C., McVeagh M., 1991. Loss of genetic diversity due to fishing pressure. *Fish. Res.*, 10, 309-316.
- Stretta J.M., Delago de Molina A., Ariz J., Domalain G., Santana J.C., 1996. Les espèces associées aux pêches thonières tropicales. Rapport Orstom/IEO, BIOECO/93/05.
- Yano K., 1991. An interim analysis of the data on tuna tagging collected by R/V *Nippon Maru* in the Indian Ocean, 1980-1990. IPTP Collect. Vol. Work. Doc., 107-124.

Annex 1: Data and information used in this synthesis

The data and information used in this synthesis were obtained from diverse sources.

Most statistical data concerning the catch, efforts and sizes of tunas were obtained by direct contact to the various tuna bodies which are handling tuna data in the various oceans, namely:

- the ICCAT (International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas) for the Atlantic data;
- the IOTC (Indian Ocean Tuna Commission) for the Indian Ocean data;
- the IATTC (Inter-American Tropical Tuna Commission) for the Eastern Pacific data;
- for the Western Pacific, data were provided by the SPC (Secretariat of the Pacific Community) and by the NMFS (National Marine Fishery Service, US fleet).

Some statistical informations used in this paper were also taken from the scientific literature published by these different organizations (these sources are quoted in the text).

The estimates of by-catches and discards were all taken from the published literature obtained from observer data. As the information concerning these by-catches are often given in numbers of fishes, they were first transformed into estimated weight (using the best available information upon the specific average weights). When necessary, these weights were also extrapolated to the total catches (knowing the total FAD catches and the ratio of by-catches versus tuna catches in the samples).

Annex 2: List of the major species associated to FADs

Tunas: skipjack (*Katsuwonus pelamis*), young bigeye (*Thunnus obesus*), young yellowfin (*Thunnus albacares*), "kawa-kawa" (*Euthynnus*) and bullet tuna (*Auxis*).

Wahoo (*Acanthocybium solandri*).

Dolphinfish or "mahi-mahi" (g. *Coryphaena*).

Sharks: silk shark (*Carcharhinus falciformis*), oceanic white-tip shark (*C. longimanus*) and hammerhead shark (g. *Sphyrna*).

Billfishes: blue, striped and white marlins (g. *Makaira* and g. *Tetrapterus*), sailfish (g. *Istiophorus*).

Pelagic triggerfish (g. *Balistes*).

Carangids: rainbow runner (*Elagatis bipinnulata*), yellowtail (g. *Seriola*) and carangids (g. *Caranx*).

Barracuda (*Sphyraena barracuda*).

Perspectives de développement des DCP ancrés dans les Petites Antilles. L'exemple de trois îles : Guadeloupe, Martinique et Curaçao

Lionel Reynal⁽¹⁾, Gérard van Buurt⁽²⁾, Marc Taquet⁽¹⁾

(1) Ifremer, délégation des Antilles, Drv/rh, Pointe Fort, 97231 Le Robert, Martinique
Lionel.Reynal@ifremer.fr

(2) Department of Agriculture (Dienst LWV), Animal Husbandry and Fisheries, Curaçao

Abstract

This summary tackles the development of fisheries in the Caribbean using FADs. It highlights the principal causes which explain why, in spite of more than thirty years of experimenting, fishing on FADs has not developed as much as had been hoped. Whereas the deep-sea production of pelagic fish by the continental countries of the region has considerably increased since the early eighties, that of the Lesser Antilles has grown more slowly. Anchored FADs have given the boats of the small-scale fisheries from three islands (Guadeloupe, Martinique and Curaçao) access to these pelagic resources. The various modes of development and management of the FADs observed in each island are described. The first available data are used to provide some indications of the effects of the various strategies implemented and the changes induced by this new fishing technique.

Introduction

Les pays de la région caraïbe sont constitués d'une chaîne d'îles qui s'étend entre l'Amérique du Nord et l'Amérique du Sud. Au sein de la Caraïbe insulaire, on distingue deux sous-ensembles formés par les Grandes et les Petites Antilles (fig. 1). Les Petites Antilles s'étendent des îles Vierges à la partie sud des Antilles néerlandaises.

Les ressources des plateaux insulaires des Petites Antilles sont généralement pleinement exploitées, voire surpêchées, en particulier près des côtes. Par contre, les ressources hauturières semblent offrir un potentiel de développement pour les pêcheries régionales. Certaines îles souhaitent mettre en valeur ce potentiel car elles ont un marché déficitaire en produits de la mer. De plus, de nombreux États insulaires n'ont qu'une petite pêche côtière artisanale dont le suivi est difficile à mettre en œuvre et qu'ils ont du mal à réguler (Chakalall *et al.*, 1998). La diversification de la pêche par une augmentation de l'activité sur les poissons pélagiques du large est apparue pour les décideurs de ces pays comme un moyen de résoudre, à relativement court terme, les difficultés d'une profession disposant de faibles capacités d'adaptation.



Figure 1
Région caraïbe (zone
Atlantique Centre-Ouest).

Cette politique de développement de l'exploitation des poissons pélagiques s'inscrit dans un contexte régional d'accroissement des captures de ces espèces (fig. 2). La production moyenne annuelle des poissons pélagiques haururiers réalisée à partir de l'Atlantique Centre-Ouest s'élève, entre 1950 et 1997, à 61 900 tonnes. Cette production est réalisée par les pays riverains de la zone à hauteur de 48 600 t et par les pays non riverains pour les 13 200 t restantes. Ces derniers, constitués de l'Espagne, du Japon, de la Corée et de Taïwan, ont réduit leurs captures sur la zone au cours de la période considérée. Parmi les pays de la région Atlantique Centre-Ouest, les pays continentaux sont à l'origine de près de trois quarts des débarquements (35 400 t), avec une progression particulièrement marquée à partir des années quatre-vingt. Les Grandes Antilles ont une production relativement stable depuis les années cinquante avec en moyenne 4 000 t débarquées par an. Les prises moyennes annuelles des Petites Antilles entre 1950 et 1997 sont de 9 100 tonnes. Elles ont augmenté régulièrement pendant toute la période considérée (Shatz, 1999). Le retrait de la zone, au cours des dernières décennies, des pays non riverains est plus lent que le développement des pêcheries des pays riverains.

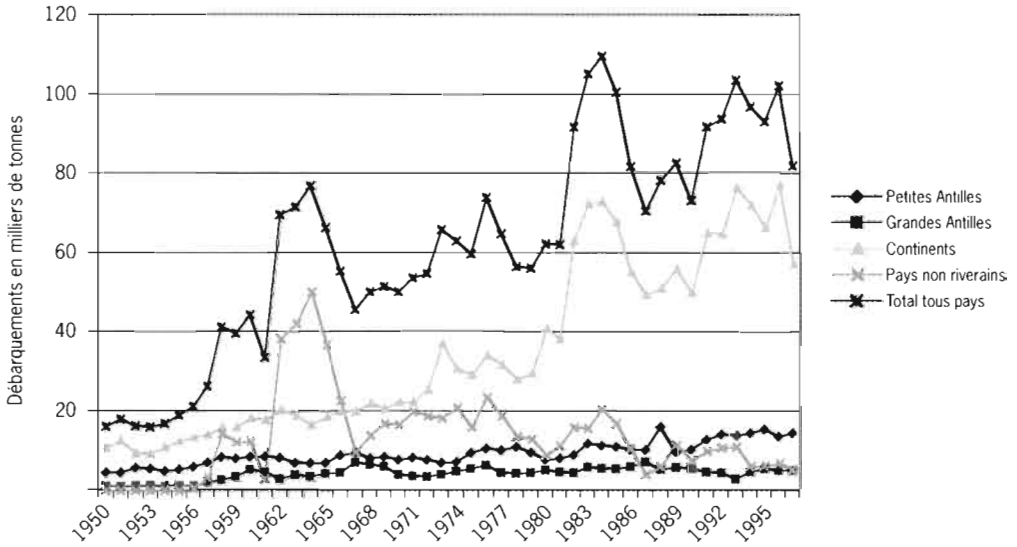


Figure 2
Évolution des débarquements
de poissons pélagiques
hautiers de l'Atlantique
Centre-Ouest.

Dynamique des implantations de DCP

Pour favoriser le développement de la pêche des grands poissons pélagiques du large, de nombreuses campagnes de prospection ont été effectuées en région caraïbe en particulier entre les années 1960 et 1980. Ces campagnes ont mis en évidence la faible abondance apparente des grands poissons pélagiques dans le secteur des Petites Antilles. Les concentrations observées sont constituées de petits groupes agrégés autour d'épaves à la dérive, laissant peu d'espoir quant aux possibilités de développer l'exploitation de ces ressources à partir des techniques traditionnelles (Farrugio *et al.*, 1988).

Pendant plusieurs décennies, de nombreuses expérimentations de DCP ont été tentées à travers la Caraïbe. Cependant, les DCP opérationnels ne sont apparus qu'à la fin des années quatre-vingt, dans quelques îles. C'est à partir des pêcheries artisanales que cette nouvelle forme d'exploitation prend de l'importance, leur offrant ainsi une voie prometteuse de développement. Mais le passage de l'expérimentation, par des scientifiques ou des services de développement, à l'utilisation courante par les professionnels s'est heurté à des difficultés mal identifiées. À partir de quelques exemples d'expérimentation des DCP dans la Caraïbe, nous décrivons ici les raisons qui nous paraissent à l'origine des difficultés rencontrées pour développer cette nouvelle pêche. Puis, nous présentons différents modes de développement des DCP observés dans quelques îles de la région.

Les premières expérimentations dans la zone

L'historique du développement des DCP dans la zone est difficile à reconstituer avec précision, car des expériences d'implantation de DCP

ont, à l'évidence, été effectuées sans que cela apparaisse dans la littérature enregistrée.

Les expérimentations les plus anciennes de DCP dans la région caraïbe ont été faites dans le cadre du projet de développement de la pêche caribéenne PNUD/FAO entre 1965 et 1971 (Wolf & Rathjen, 1974). Dans le cadre de ce projet, des DCP ont été mouillés pour tenter d'estimer leur pouvoir attractif sur les pélagiques dans des eaux considérées comme relativement pauvres en poissons. Douze radeaux de bambou ont été ancrés à proximité de Curaçao, Bonaire, Barbade et Anguilla, entre février 1968 et juin 1971. La plus grande partie des DCP a été perdue peu de temps après leur mise à l'eau. Il avait été conclu, à l'issue de ces essais, que les DCP ne constituaient pas un réel potentiel pour la pêche. En 1983, au 36^e congrès du GCFI (Gulf and Caribbean Fisheries Institute) réuni à Trinidad, les participants des pays de la Caraïbe Est ont demandé une assistance pour développer les DCP dans la région. La région était importatrice de produits de la mer et la demande, tant de la population locale que de l'industrie du tourisme, allait en augmentant. Par ailleurs, les ressources des plateaux étaient jugées fortement exploitées. Les ressources pélagiques paraissaient être les seules à offrir un potentiel suffisant pour augmenter les débarquements des petits pays insulaires et réduire le déficit de leurs échanges extérieurs. Une première opération pilote a été réalisée à Saint-Kitts. Les objectifs étaient d'évaluer l'utilité des DCP pour l'amélioration des pêcheries artisanales de la région, d'adapter et de développer des mouillages appropriés et d'apporter une assistance technique aux utilisateurs de DCP de la région (McIntosh, 1984).

Les premiers résultats indiquaient que les rendements des pêcheurs artisans, opérant à la ligne de traîne autour de ces structures, étaient significativement différents et meilleurs que ceux obtenus hors des DCP. La composition spécifique des prises variait selon les sites. Le thazard bâtard (*Acanthocybium solandri*) et les barracudas (*Sphyræna barracuda*) ont été les espèces les plus fréquentes dans les captures autour des DCP, alors que la dorade coryphène (*Coryphaena hippurus*) et les thazards, (*Scomberomorus cavalla*) étaient plus communs dans les captures réalisées ailleurs (Goodwin, 1986).

Avant et après cette expérience émanant d'une volonté exprimée collectivement par plusieurs pays de la zone, de nombreuses expériences d'implantations de DCP sont citées dans la littérature. En 1969, des dispositifs côtiers sont implantés à Panama City en Floride (Klima & Wickham, 1971). Les espèces ciblées appartiennent à la catégorie des petits poissons pélagiques. Des essais de DCP sont entrepris aux Îles Vierges américaines à partir de 1980 (Clavijo *et al.*, 1987). À Porto Rico, en 1982, des DCP sont ancrés entre 120 et 250 m de fond sur l'initiative d'un pêcheur sportif (McIntosh, 1984). Plusieurs expérimentations de DCP ont été réalisées autour de cette île, notamment en 1986, afin de tester leur capacité à améliorer les prises de poissons pélagiques de la pêche commerciale et de la pêche récréative. En 1985, des expérimentations ont eu lieu en Caroline du Nord (Stephan & Lindquist,

1989) et en Caroline du Sud (Rountree, 1990). Ces études portent sur l'effet de différentes formes de structures sur l'agrégation des poissons. Au cours des années quatre-vingt, plusieurs îles de la Caraïbe ont tenté de développer leur activité sur les grands poissons pélagiques par l'utilisation de DCP : la Martinique à partir de 1982, Saint-Kitts en 1985 (Goodwin, 1986), la Guadeloupe et la Dominique de 1988 à 1990 (Guiste, comm. pers.), Grenade en 1989, Haïti (Prado, 1991), Porto Rico (Fiegenbaum *et al.*, 1989), Cuba de 1990 à 1996 (Carles, comm. pers.), Curaçao depuis 1993 (van Buurt, 1995), Sainte-Lucie en 1997 (Walters, comm. pers.).

De toutes ces expérimentations, il ressort que la volonté de développer la pêche des poissons pélagiques du large, à l'aide des DCP, est manifeste dans pratiquement toutes les îles de la Caraïbe. De nombreuses expériences ont été réalisées sur des périodes plus ou moins longues, pendant plus de trente ans. Les DCP expérimentés ont été souvent mouillés près de la côte, par des fonds peu importants et, de ce fait, ne concentraient que les petits pélagiques côtiers ou les espèces rencontrées sur le plateau insulaire. La technique de pêche mise en œuvre pour évaluer l'effet des DCP sur les prises des professionnels était pratiquement toujours la ligne de traîne. Les prises autour des DCP sont estimées égales à celles des pêches effectuées sans dispositif. Au cours des expérimentations, la durée de vie des DCP est généralement un objet de préoccupation et conditionne parfois leur emplacement. Les conclusions des études présentent invariablement les DCP comme un moyen intéressant de développer la pêche professionnelle côtière et la pêche de loisir. Mais, malgré ces résultats encourageants, la pêche à l'aide de DCP ne s'est pas développée comme il était espéré.

À notre connaissance, l'utilisation courante des DCP ancrés par les pêcheurs professionnels de la région Atlantique Centre-Ouest est apparue dans les îles de la Caraïbe vers la fin des années quatre-vingt. Ce nouveau mode de pêche se pratique de façon continue et depuis plusieurs années, avec des DCP opérationnels, dans seulement quelques îles de la Caraïbe : Guadeloupe, Martinique, Curaçao.

L'historique du développement des DCP en Guadeloupe

En Guadeloupe, le premier DCP mis à l'eau, dans le cadre d'un programme de développement, a été mouillé en 1988 par le SDAT (Service de développement et d'aide technique à la pêche) sur un fond de 870 m, au large de la Pointe Lézard à Bouillante, sur la côte caraïbe de l'île. L'objectif de cette opération était de tenter de relever le revenu des pêcheurs. Ce premier DCP a eu une durée de vie courte d'environ trois mois (Paulmier, 1992). À la suite de cette expérience, deux autres opérations de développement ont été réalisées par le SDAT. En 1994, dix DCP étaient disposés autour de la Guadeloupe. L'objectif de cette opération était de faire connaître cette technique à tous les pêcheurs autour de l'île. Puis, en 1997, un programme d'expérimentation de nouveaux types de DCP a été engagé. L'objectif était d'améliorer la longévité des dispositifs.

C'est à la suite de l'opération réalisée en 1988 que les pêcheurs guadeloupéens se sont appropriés les DCP. Un pêcheur a fabriqué ses propres DCP, donnant l'exemple aux autres professionnels. Par la suite, des dispositifs construits par eux ont été observés d'abord sur la côte caraïbe, puis dans le nord du Grand-Cul-de-Sac-Marin (au nord de l'île). En 1992, une trentaine de DCP ont été recensés par enquête auprès de pêcheurs (Paulmier, 1992), 25 sur la côte sous le vent et 5 à 10 dans le Grand-Cul-de-Sac-Marin. En octobre 1993, une campagne non exhaustive de repérage de DCP en mer, réalisée sur la côte sous le vent de la Guadeloupe, a permis de dénombrer et de positionner 48 DCP (Lagin & Ledouble, 1994). Depuis, le développement des DCP se poursuit si l'on en croit les divers témoignages des professionnels, mais aucun suivi n'en a été réalisé.

Les DCP construits par les pêcheurs guadeloupéens sont faits, le plus souvent, avec du matériel de récupération. Une simple bouée, voire un bidon de 20 l constitue le flotteur principal de surface. Dans certains cas, des petites bouées de 2 l soulagent le cordage avant la bouée principale. Le lest est constitué de vieux moteurs ou de blocs de béton fractionnés, de 50 kg chacun. La ligne de mouillage est un cordage en polypropylène (pp) de 8 à 12 mm de diamètre. Les premières années, du « frion » (ruban de plastique ordinairement utilisé pour le cerclage des colis) pouvait remplacer le cordage. Dans ce cas, les vingt premiers mètres, sous le flotteur principal, ainsi que les vingt derniers mètres, reliés au lest, sont en pp (Paulmier, 1992). Actuellement, le « frion » a été abandonné au profit de la « ficelle de banane » (ficelle de 4 mm de diamètre constituée de brins jointifs en pp, utilisée pour haubaner les bananiers). Dans ce cas, dix brins de ficelle de banane d'une longueur de 3 000 m pour une profondeur de 2 000 m sont juxtaposés pour constituer le cordage. Vingt bobines de 1 500 m de ficelle sont alors utilisées pour chaque DCP ainsi conçu. Le prix de ces DCP, pour une profondeur de pose de 2 000 m, est d'environ 3 000 à 4 000 FF, lorsqu'ils sont conçus à l'aide de cordage toronné de 12 mm de diamètre. Ce prix est divisé par deux lorsque le cordage est remplacé par de la « ficelle de banane ». Ainsi construits, les DCP durent en moyenne entre 5 et 9 mois, selon les pêcheurs.

Certains pêcheurs possèdent 5, voire 10 dispositifs, répartis sur différents sites, d'autres n'en exploitent qu'un à la fois. Au début, les pêcheurs guadeloupéens mouillaient leurs DCP par 700 à 900 mètres. Puis, la tendance a été de les éloigner de plus en plus, sur des fonds de 1 250 à 1 400 m puis 2 000 mètres. Aujourd'hui, les pêcheurs mettent leurs DCP jusqu'à 50 milles au large. Avec cet éloignement, les professionnels notent une diminution des conflits entre utilisateurs et des risques de rupture des DCP due au trafic maritime.

L'historique du développement des DCP en Martinique

En Martinique, la mise à l'eau du premier DCP a été effectuée par l'ISTPM¹ au large du Robert par 300 m de profondeur, en décembre 1982. L'idée de cet essai était inspirée de l'expérience menée par l'Évaam à Tahiti (Ugolini & Robert, 1982). Les résultats intéressants de pêche autour de ce premier DCP ont conduit à la réalisation d'un programme d'expérimentation avec la participation financière du Fidom départemental (Fonds d'investissement des départements d'outre-mer). Trois types de DCP de conception simple et peu coûteux ont été expérimentés sur des fonds de 300 à 500 m autour de l'île. L'objectif était de favoriser, tout au long de l'année, la formation de concentrations de poissons en des lieux repérables, à faible distance des côtes, afin d'assurer une pêche pélagique plus rentable et plus régulière (Sacchi & Lagin, 1985). Mais, les résultats de pêche obtenus autour des dispositifs, bien que jugés intéressants par les pêcheurs, n'ont pas été suffisants pour entraîner un changement d'activité des professionnels.

C'est en 1989, à la suite d'un programme d'évaluation de la pêcherie, réalisé au cours de la seconde moitié de la décennie quatre-vingt, qu'il a été décidé de rechercher les moyens de diversifier l'activité de la pêche par une exploitation plus intense des ressources pélagiques du large.

Pour cela, un programme cofinancé par l'Ifremer et le conseil régional de la Martinique a été lancé. Il a débuté par une étude bibliographique sur la biologie et la pêche des grands poissons pélagiques en Martinique et en région caraïbe (Battaglia, 1993). Ce travail a permis de mettre en évidence que la pêche traditionnelle (pêche « à Miquelon »), par les techniques mises en œuvre (lignes de traîne en surface), ne pouvait accéder à toutes les espèces présentes dans les eaux de la région. La profondeur insuffisante des engins, la saison (de décembre à juin) et les heures de pêche (de jour) ainsi que les lieux fréquentés par les pêcheurs (exclusivement la façade atlantique) laissaient supposer que toutes les ressources en poissons pélagiques hauturiers autour de l'île pouvaient ne pas être pleinement exploitées.

Pour vérifier ces hypothèses, il était nécessaire de réaliser des pêches expérimentales. Compte tenu du fait que les passages de poissons pélagiques à proximité de l'île sont relativement diffus, le DCP paraissait un moyen de favoriser les captures.

Par ailleurs, le DCP a été retenu comme la technique la mieux appropriée pour répondre efficacement aux besoins immédiats des professionnels antillais. Les résultats attendus du développement des DCP sont les suivants :

- permettre aux professionnels de passer du plateau insulaire, très exploité, à une activité plus tournée vers les ressources pélagiques hauturiers, sans changer d'outil de production ;
- éviter l'extension des zones de pêche, en particulier dans les ZEE (zone économique exclusive) des pays voisins ;

1. Institut scientifique et technique des pêches maritimes (ISTPM), devenu l'Ifremer en 1984, après fusion avec le CNEXO.

- permettre l'exploitation de nouvelles espèces non rentables jusqu'ici car insuffisamment concentrées et rendre la pêche des pélagiques moins saisonnière;
- réduire la consommation de carburant et, si possible, l'augmentation de la puissance motrice;
- augmenter les revenus des pêcheurs.

Les premiers DCP mis à l'eau dans le cadre de ce programme ont été placés en premier lieu sur la côte atlantique de l'île. Ce choix tenait au fait que la pêche traditionnelle se pratique sur cette côte et, par conséquent, les passages de pélagiques y sont connus. Parallèlement aux pêches expérimentales, un suivi de la pêche professionnelle autour de DCP a été réalisé, tant en Guadeloupe qu'en Martinique, à l'aide de fiches de pêche. Alors que les pêches expérimentales ne donnaient pas de résultat satisfaisant, l'analyse des fiches de pêche a permis de noter des captures importantes de thons jaunes. En effet, plus de 70 kg de cette espèce étaient capturés en moyenne par sortie au cours du mois de septembre 1992. Ces prises ont eu lieu en un point au sud de la Guadeloupe, sur la côte caraïbe où la pêche à l'aide de DCP commençait à se développer. Après enquête, il s'est avéré que c'est grâce à des pêches profondes à l'aide de lignes verticales et d'appâts vivants (pêche « au bidon ») que les pêcheurs guadeloupéens arrivaient à faire de telles prises.

Fort de ce premier résultat, une action de transfert, touchant les pêcheurs de la côte caraïbe de la Martinique, a été organisée en 1993 avec le comité des pêches maritimes et des élevages marins (structure représentative de la profession). Cette action a été accompagnée d'un transfert de la technique de pêche « au bidon ». Depuis cette date, des DCP opérationnels sont gérés par le comité des pêches. Après avoir intéressé essentiellement les pêcheurs de la côte caraïbe de l'île, les DCP sont de plus en plus exploités par ceux de la côte atlantique. Ces derniers ont tardé à se mettre à cette nouvelle activité en raison de la rentabilité élevée de la pêche « à Miquelon » qui leur paraissait plus intéressante.

Parallèlement au développement de la pêche autour des DCP, les programmes de recherche ont été poursuivis avec quatre objectifs principaux :

- apporter une meilleure connaissance de la localisation spatio-temporelle des poissons pélagiques et identifier des espèces peu ou pas exploitées autour des DCP;
- faire les premières observations en vue de définir la localisation optimale des DCP autour de l'île;
- recueillir des informations générales sur la pêche autour des DCP, destinées à suivre les évolutions de cette nouvelle activité;
- commencer à évaluer l'impact sur les ressources halieutiques de la pêche autour des DCP.

Une recherche technologique a également été entreprise afin d'identifier les causes de perte des DCP et de trouver des solutions pour allonger leur durée de vie à moindre coût. Ces travaux ont permis d'augmenter la longévité des DCP opérationnels gérés par les professionnels. Aujourd'hui, les DCP utilisés en Martinique coûtent environ 10 000 FF lorsqu'ils sont posés sur des fonds de 2 000 mètres.

Le développement des DCP à Curaçao

Curaçao est la seule île des Antilles néerlandaises où les DCP ont été développés. L'extension du programme de développement de ces dispositifs, conduit par le département de l'Agriculture et des Pêches de Curaçao, est demandée par Bonaire qui devrait en bénéficier prochainement. Le plateau insulaire de Curaçao est étroit et les ressources démersales y sont fortement exploitées par des unités non pontées de 3 à 5 m de long, équipées de moteur hors-bord de 6 à 25 ch, mettant en œuvre des lignes à main. Une pêche à la traîne en haute mer s'est développée à l'aide d'unités plus importantes, de 5 à 10 m, équipées de moteur diesel intérieur de 70 à 120 chevaux. Ces unités ont leur activité orientée sur les poissons pélagiques. Cette pêche des pélagiques est plus productive que la pêche des poissons démersaux du plateau insulaire. Avec les grandes unités déjà en place et un marché local demandeur de leurs produits, le développement de DCP paraissait une étape logique pour augmenter cette production.

Le premier DCP a été posé en 1993. Au total 5 DCP ont été posés à ce jour, par des profondeurs comprises entre 574 et 754 mètres. Ces dispositifs ont été conçus à partir de plans de DCP utilisés dans le Pacifique Sud. La durée de vie moyenne des DCP en place est de quinze mois et la durée maximale, à ce jour, de plus de trois ans. Pour obtenir ce résultat, des adaptations du plan initial ont dû être apportées afin de tenir compte, en particulier, des conditions de courant et de houle aux abords de Curaçao. Le prix des DCP déployés à Curaçao est d'environ 65 000 FF. La localisation des DCP a fait l'objet d'une réflexion à Curaçao. Les critères proposés *a priori* pour définir les positions idéales prennent en compte la connaissance des passages de poissons, le relief du fond et le trafic maritime qui peuvent être à l'origine de perte de DCP, l'accessibilité aux artisans pêcheurs et la proximité d'autres DCP pouvant interférer.

Évaluation du fonctionnement

Les programmes de suivi et d'évaluation de l'activité autour des DCP sont rares dans la Caraïbe et les informations existantes encore incomplètes. Des observations scientifiques permettent d'avoir une connaissance de la dynamique de colonisation proche de la surface ainsi qu'une liste d'espèces observées sous les DCP. Aucune étude économique n'a encore été réalisée pour évaluer la rentabilité des DCP et de la pêche associée à ces dispositifs. Toutefois, le développement de la pêche à l'aide de DCP en Guadeloupe est un élément en faveur d'une viabilité économique de cette activité puisque les DCP sont mis à l'eau et exploités depuis plusieurs années par des entreprises privées, sans aucune aide publique. Ces entreprises, qui, pour certaines d'entre elles, ne pratiquent que cette pêche tout au long de l'année, ne financent leurs DCP que par la pêche qu'ils engendrent.

Sur deux îles (la Martinique et la Guadeloupe), les prises réalisées autour des DCP par des pêcheurs professionnels ont été enregistrées, pendant plusieurs années, grâce à des fiches de pêche remplies par des patrons

pêcheurs. Des données collectées en trois points autour de la Martinique de juillet 1998 à juin 1999, à l'occasion d'un programme de mensuration des poissons pélagiques provenant de pêches sous et hors DCP, ont également été traitées.

Le fonctionnement des DCP en Guadeloupe

En Guadeloupe, les techniques de pêche utilisées autour des DCP sont la ligne de traîne en surface et la pêche dite « au bidon » en profondeur. En premier lieu, une pêche de petits thons se fait à l'aide de lignes de traîne munies d'un leurre. Les premières prises de petits individus sont maintenues vivantes et servent comme appât pour la pêche « au bidon ». Plusieurs « bidons » sont mis à l'eau en même temps autour d'un DCP ; il a été dénombré jusqu'à 13 « bidons » posés simultanément par une même embarcation (Paulmier, 1992). Pendant la dérive des « bidons », la pêche à la traîne est poursuivie.

La durée moyenne des sorties de pêche est de 7 h 14 et le temps de pêche autour des DCP est de 5 h 30 (Lagin & Ledouble, 1994).

En 1992, les rendements moyens annuels (prenant en compte les sorties sans prise) ont été de 30 kg par sortie. Ils ont augmenté progressivement pour atteindre 43 kg en moyenne en 1995. Dans le même temps, les rendements horaires sont passés de 6 kg en moyenne sur l'année 1992 à un peu plus de 9 kg pour l'année 1995. La proportion des poissons porte-épée est passée de 30 % des débarquements en 1992 et 1993 à 38 % en 1994 et 50 % en 1995. Les rendements moyens mensuels observés sur les quatre années sont les plus faibles de juin à août et maximaux de septembre à novembre. Ce sont essentiellement les petits thonidés qui sont capturés pendant la morte saison et les espèces de grande taille, comme les poissons porte-épée ou les gros albacores, qui constituent les prises des mois où les rendements sont les plus élevés. La dorade coryphène est surtout abondante entre mars et juin (avec un pic en mai). Sur l'année, ce sont les albacores, les poissons porte-épée et les dorades qui sont les plus représentés dans les débarquements des pêcheurs de la côte caraïbe de Guadeloupe, les proportions de l'une ou de l'autre espèce variant selon l'année (Le Guen *et al.*, 1996).

Le fonctionnement des DCP en Martinique

En Martinique, les principales techniques de pêche utilisées autour des DCP sont les mêmes qu'en Guadeloupe : la ligne de traîne permet la pêche des poissons de surface et la technique du « bidon » est mise en œuvre pour la capture des plus gros poissons se trouvant préférentiellement en profondeur.

L'effet de la profondeur de mouillage de DCP placés au-delà du plateau insulaire, par 1 000, 1 500 et 2 000 m de profondeur, n'a pas pu être mesuré bien que des différences aient été constatées entre les différents sites d'implantation. Mais la variabilité des données, obtenues à partir des déclarations des professionnels, est trop grande et les techniques utilisées par les pêcheurs insuffisamment décrites dans les fiches de pêche pour qu'il soit possible d'en tirer des conclusions.

Les sorties effectuées par les pêcheurs de la côte caraïbe de l'île autour des DCP durent en moyenne 5 h 30. Deux sorties peuvent être faites le même jour. Le temps de pêche est en moyenne de deux à trois heures et demie par sortie (Guillou *et al.*, 1995). Les sorties de pêche sont donc plus brèves qu'en Guadeloupe. Cela s'explique par le fait qu'en Martinique les DCP sont plus proches de la côte et moins nombreux.

Alors que du côté caraïbe les sorties se font exclusivement sous DCP, sur la côte atlantique de la Martinique, des sorties mixtes (pêche « à Miquelon »-pêche sous DCP) étaient d'abord pratiquées. En allant vers le large, tôt le matin ou au retour, dans l'après-midi, les pêcheurs restaient de 30 min à 1 h 30 autour des DCP (Guillou *et al.*, 1995). En 1998-1999, certains pêcheurs de la côte atlantique ont spécialisé leur activité et pratiquent une pêche exclusivement sous DCP.

Quelques éléments d'appréciation économique ont pu être dégagés à partir d'un échantillon de débarquements de pêche des pélagiques en Martinique. Ils permettent d'avoir une idée des changements induits par les DCP par rapport à la pêche traditionnelle des grands poissons pélagiques du large. En tout, 209 débarquements ont été échantillonnés de façon systématique, (sans prise en compte des sorties sans capture) en deux points sur le littoral, entre juillet 1998 et juin 1999. Les données analysées portaient sur 164 sorties de pêche autour de DCP et 45 de pêche « à Miquelon ».

L'effectif embarqué est le même pour la pêche « à Miquelon » et autour des DCP, en moyenne 1,8 homme par sortie.

La consommation moyenne d'essence est deux fois moindre à la pêche sous DCP (70 l par sortie) que pour la pêche « à Miquelon » (140 l par sortie). Cette différence de consommation est due à la puissance des moteurs qui est supérieure dans le cas de la pêche « à Miquelon » (en moyenne 117 ch) à celle de la pêche autour de DCP (91 ch). La différence de consommation de carburant entre les deux métiers est également le résultat d'une durée des sorties plus élevée dans le cas de la pêche « à Miquelon » (9 h au lieu de 5 h 30 pour la pêche sous DCP).

Les débarquements moyens par sortie sont plus faibles pour la pêche sous DCP que pour la pêche « à Miquelon », respectivement 26,7 kg et 59 kg. Cependant, la pêche sous DCP se pratique toute l'année alors que la pêche « à Miquelon » ne dure que de décembre à juin. Pendant cette période, les débarquements de la pêche autour de DCP ont été de 36 kg par sortie. Les rendements par sortie sous DCP sont moindres en Martinique qu'en Guadeloupe. La durée plus faible des sorties et le nombre inférieur de DCP en sont certainement les causes principales. Des prises effectuées à l'aide de « bidons » ont été observées dans les débarquements de 8 % des sorties.

La composition spécifique des prises sous DCP diffère de celle des prises de la pêche « à Miquelon ». Sous DCP, ce sont les thons noirs qui dominent (29 % du poids total débarqué), puis les albacores (27 %) et les marlins bleus (*Makaira nigricans*) avec 24 pour cent. À la pêche « à Miquelon », la dorade coryphène constitue la part la plus importante

des débarquements (53 % du poids débarqué), viennent ensuite le thazard bâtard (*Acanthocybium solandri*, 28 %) et l'albacore (10 %). Les thons noirs ne représentent que 5 % en poids des captures de la pêche « à Miquelon ».

La composition spécifique des captures « à Miquelon » est caractéristique d'une pêche de surface. Les dorades coryphènes constituent la cible principale de cette pêche. Les petits albacores qui sont en surface sont capturés à la ligne de traîne. Les gros albacores et les marlins bleus pêchés en profondeur autour des DCP ne sont pas capturés « à Miquelon ». L'existence de ces poissons autour des bois dérivants serait à vérifier car les techniques de pêche utilisées sont mises en œuvre trop près de la surface pour pouvoir les capturer.

Il faut noter que les prises sous DCP sont constituées de nombreux juvéniles de certaines espèces (thon noir, albacore...) dont certains servent d'appât pour la pêche « au bidon ». Ces juvéniles sont pêchés en surface à la ligne de traîne.

Perspectives : développement et pérennisation de la pêche autour des DCP

Le développement de la pêche associée à des DCP n'est pas achevé et de nombreux changements apparaissent encore tant au plan des techniques de pêche mises en œuvre que de la conception des DCP, de leur localisation ou de leur mode de gestion.

Les perspectives de développement de la pêche autour des DCP

Les concentrations de poissons autour des DCP sont encore peu connues et, de ce fait, peu exploitées. En effet, à partir d'un programme de recherche réalisé entre 1995 et 1999, il a été mis en évidence la présence, sous les DCP, de concentrations importantes de poissons peu ou pas exploités par les professionnels. Il s'agit en particulier de l'espadon (*Xiphias gladius*) et du thon noir adulte, observés en bancs importants en plongée sous-marine alors que les prises des professionnels sont relativement faibles. D'autres poissons de moindre importance mais de bonne valeur commerciale peuvent également faire l'objet de prises complémentaires, comme le poisson *Taractichthys longipinnis*, (Taquet *et al.*, 1998).

Par ailleurs, des interrogations subsistent sur le potentiel que représente certaines espèces qui sont très rarement capturées par les pêcheurs des Antilles françaises mais dont la présence est notée dans la littérature et les prises enregistrées dans les statistiques de pêche régionale élaborées par la FAO (Shatz, 1999). Parmi celles-ci, le thon germon fait l'objet de débarquements qui ont atteint jusqu'à 4200 t en 1973, dans l'Atlantique Centre-Ouest. Cette espèce vit préférentiellement à des profondeurs supérieures à celles exploitées par les pêcheurs artisans; c'est ce qui peut expliquer que l'espèce n'apparaisse pas dans leurs prises. Le thon obèse vit également à des profondeurs supérieures à celles exploitées par

les artisans pêcheurs antillais. Plus de 4 000 t par an de cette espèce ont été enregistrées dans les statistiques de débarquement concernant l'Atlantique Centre-Ouest. Au cours des campagnes de pêche expérimentale réalisées entre 1995 et 1997, cinq thons obèses ont été pêchés entre 270 et 550 m de jour, et en surface de nuit (Taquet et *al.*, 1998). Le thon rouge est, comme le précédent, l'objet de prises très variables d'une année sur l'autre. Les captures dans l'Atlantique Centre-Ouest ont atteint 2 400 t en 1967.

Il est également probable que les bois dérivants, exploités traditionnellement par les pêcheurs des Petites Antilles, concentrent, comme les DCP dérivants, des quantités importantes de poissons. La vérification de cette hypothèse mériterait d'être faite et apporterait des informations intéressantes sur le déplacement des poissons pélagiques dans la région des Petites Antilles.

Le développement de la pêche associée aux DCP ne manquera pas de se faire dans l'ensemble des pays des Petites Antilles, grâce à un transfert des techniques déjà éprouvées. L'augmentation de la densité de DCP est certainement un moyen de développer cette activité de pêche dans les îles où elle existe, comme en atteste les différences de résultats d'exploitation entre la Guadeloupe et la Martinique. Toutefois, il est indispensable de recueillir, dès à présent, les données qui seront nécessaires à l'évaluation de la densité optimale de DCP car il existe certainement une densité au-delà de laquelle toute augmentation du nombre de dispositifs ne s'accompagnera pas d'un accroissement des prises.

Les perspectives de pérennisation de la pêche autour des DCP

Comme toute forme d'exploitation des ressources halieutiques, la pérennisation de la pêche autour des DCP tient en grande partie aux ressources exploitées et à leur capacité à supporter cette nouvelle activité. D'ores et déjà, il ressort des premières observations réalisées sur les débarquements de cette pêche, que des techniques plus sélectives doivent être recherchées. Celles-ci doivent permettre de capturer des poissons adultes et d'éviter les prises de juvéniles concentrés en surface. Compte tenu des développements possibles de la pêche autour des DCP dans la région caraïbe, un effort doit également être fait pour améliorer les statistiques de pêche qui ne permettent pas, pour l'instant, de disposer d'évaluations suffisantes du niveau d'exploitation de certaines ressources.

Certains éléments spécifiques à la pêche autour des DCP sont aussi à prendre en compte pour pérenniser cette activité. Il s'agit en tout premier lieu de la conception des dispositifs dont le coût et la durée de vie sont encore l'objet de nombreux travaux car ils conditionnent le maintien d'un parc de DCP opérationnels. Des progrès technologiques sont encore nécessaires pour améliorer la fabrication des DCP.

Les préoccupations qui ressortent des actions d'accompagnement du développement et de la gestion des DCP tiennent en grande partie aux risques potentiels qu'ils représentent pour la navigation et aux conflits qu'ils génèrent entre pêcheurs. Ces conflits résultent du fait que les

concentrations de poissons qui se forment autour d'un DCP n'appartiennent pas au propriétaire de ce dernier. De plus, les DCP favorisent la concentration de nombreuses unités de pêche sur un petit espace, ce qui impose la mise en œuvre d'engins de pêche compatibles entre eux. À la lumière de ces constats, les aménageurs ont réagi de façon différente selon les sites, en privilégiant le développement de DCP publics ou collectifs (par exemple, Curaçao et Martinique) ou en réglementant leur fabrication, leur mouillage et leur exploitation (Guadeloupe). Ces différents modes de gestion présentent des avantages et des inconvénients, qui ne sont pas encore totalement éprouvés, tant pour faciliter que pour maîtriser le développement de cette nouvelle pêche. Les leçons tirées des expériences en cours permettront vraisemblablement de définir un mode de gestion adéquat pour cette nouvelle activité pour laquelle aucune solution idéale ne semble avoir été trouvée.

En Guadeloupe, les DCP privés, développés par les pêcheurs eux-mêmes, ont permis de faire la preuve de l'intérêt de cette nouvelle technique qu'ils ont appris à gérer individuellement sans financement public. L'intérêt de ce mode de gestion des DCP est d'avoir permis aux utilisateurs de prendre des initiatives pour leur positionnement (recherche des sites les plus favorables), pour leur fabrication (DCP à prix très bas) et pour leur mode d'exploitation (utilisation d'un ou de plusieurs DCP...). La profession a ainsi pu très rapidement profiter de cette nouvelle pêche dont les résultats, en termes de rendement par sortie, sont supérieurs à ceux de la Martinique qui a opté pour un développement plus encadré. Le bénéfice pour la collectivité qui n'a pas à soutenir de façon continue cette activité est également incontestable.

Ce développement ne s'est pas fait sans conflits, parfois graves, entre professionnels. Une des raisons pour lesquelles les pêcheurs posent leurs DCP de plus en plus loin de la côte est en partie qu'ils souhaitent éviter leur exploitation par des plaisanciers ou par d'autres professionnels. Par ailleurs, le coût des DCP étant à la charge des professionnels, ceux-ci ont tendance à faire l'économie des équipements nécessaires à la sécurité de la navigation, comme les réflecteurs radar ou les feux de balisage nocturne. Avec ce mode de gestion, les risques pour la navigation ne sont donc pas exclus.

Pour prévenir les conflits inhérents à ce mode de gestion des DCP, la réglementation des pêches en Guadeloupe (arrêté préfectoral n° 981082 du 8 juin 1998) permet la pose de DCP par des privés mais, chaque dispositif doit faire l'objet d'une autorisation délivrée par l'Administration des Affaires maritimes. Les DCP doivent être correctement balisés et leur identification doit être assurée par l'indication sur la bouée du numéro d'immatriculation du navire appartenant au marin pêcheur qui l'exploite. Afin de prévenir les conflits, l'exercice de la pêche par des tiers à l'intérieur d'un cercle d'un rayon d'un quart de mille centré sur le DCP est interdit lorsque le propriétaire de celui-ci est présent.

En Martinique, des financements publics sont actuellement attribués au comité des pêches maritimes et des élevages marins pour construire, mettre à l'eau et entretenir des DCP destinés uniquement aux professionnels. Corrélativement à ce financement, une délibération du comité régional des pêches a été rendue obligatoire par l'Administration, par voie d'arrêté pendant cinq ans à partir de décembre 1996. Cette délibération :

- fixe les objectifs du programme de mise en place des DCP;
- définit les conditions d'exercice de la pêche autour des DCP, dans un rayon d'un mille centré sur la bouée de balisage;
- prend les mesures propres à protéger les DCP.

Le succès ou non de la gestion d'un parc de DCP par le comité des pêches jouera certainement un rôle important sur la structuration de la profession et sur sa maîtrise du développement de cette nouvelle pêche. Il est très probable que les financements publics ne seront plus attribués au-delà de la phase de démarrage de l'activité. La capacité du comité des pêches à recueillir des fonds, en particulier auprès des professionnels, pour la gestion en routine du parc de DCP, conditionnera alors la pérennisation des DCP collectifs. Toutefois, il semble que le développement de DCP privés soit inéluctable. Certains pêcheurs exploitent des DCP qu'ils mettent suffisamment loin de la côte, pour ne pas subir la concurrence d'autres pêcheurs. Il est probable qu'à côté des DCP collectifs gérés par le comité des pêches, relativement près des côtes, on voit se développer, comme en Guadeloupe, des DCP privés à une plus grande distance.

Pour sa part, l'Administration a pris un arrêté d'autorisation d'exploitation d'un établissement de pêche maritime, accordée au comité régional des pêches pendant cinq ans. Cette autorisation est consentie selon des conditions définies par un cahier des charges accepté par les représentants de la profession.

Une commission nautique a également été réunie par l'Administration afin de se prononcer sur le caractère nautique des DCP. Cette commission a souhaité que le balisage du DCP soit assuré de manière permanente de jour comme de nuit. Un dispositif lumineux d'une portée minimale de 2 milles a été recommandé. Par ailleurs, une très large information a été préconisée, notamment par Avurnav (avis urgent aux navigateurs).

À Curaçao, la prise en charge totale des DCP par l'État est jugée hautement préférable à celle réalisée par les pêcheurs eux-mêmes. En effet, les sites favorables à leur implantation, une fois pris en compte les différents critères retenus, sont relativement peu nombreux. La mise à l'eau de DCP par les professionnels risque de générer des interactions avec le trafic maritime. Les DCP sont la propriété du gouvernement de Curaçao et ils sont entretenus par le département de l'Agriculture et des Pêches (Dienst LVV). Leur mise à l'eau se fait après consultation des autorités portuaires qui sont responsables de la navigation autour de l'île. Le département des Pêches informe les pêcheurs du fonctionnement des DCP, notamment par l'intermédiaire de brochures de vulgarisation

technique et scientifique. Des indications leur sont fournies sur les précautions et mesures à prendre pour éviter la destruction des dispositifs. Ces DCP, d'un coût relativement élevé par rapport à ceux des deux autres îles, sont moins nombreux qu'en Martinique (cinq, au lieu d'une trentaine gérée par le comité des pêches de Martinique) et bien moins nombreux qu'en Guadeloupe (probablement plusieurs centaines). Ils sont par contre entretenus d'une façon très rigoureuse et leur durée de vie est relativement élevée (plus de trois ans aujourd'hui).

Conclusion

À l'échelle de l'Atlantique Centre-Ouest, c'est dans la Caraïbe insulaire que la volonté de développer la pêche autour de DCP est la plus manifeste. Cette volonté résulte du fait que les ressources démersales traditionnellement pêchées sur des plateaux insulaires étroits y sont de plus en plus exploitées et ne suffisent pas à satisfaire la demande des populations locales et d'une industrie du tourisme qui se développe. Le DCP ancré est alors le moyen pour les pêcheurs de proximité d'exploiter des ressources pélagiques du large généralement peu accessibles aux embarcations dont le rayon d'action est limité. Les pêcheries continentales ont, quant à elles, développé des unités de pêche de fort tonnage qui leur ont permis d'accroître leurs débarquements en poissons pélagiques.

De nombreuses expérimentations de DCP ont été réalisées dans la Caraïbe, dès la fin des années soixante. Malgré des résultats jugés intéressants, la pêche autour des DCP ne s'est pas développée, sauf à partir de la fin des années quatre-vingt, dans quelques îles. Cette difficulté à développer cette nouvelle activité est due essentiellement à deux causes : la localisation des DCP et les techniques de pêche utilisées pour les exploiter. La localisation des DCP est souvent faite, soit en fonction des passages connus de poissons pélagiques, soit en fonction d'impératifs de protection des DCP ou pour en faciliter l'accès aux professionnels. Dans le premier cas, les DCP sont placés dans des zones où les professionnels pratiquent déjà une pêche rentable de surface et sont peu enclins à s'intéresser à cette nouvelle technique qu'ils n'utilisent que ponctuellement. Dans le second, les DCP sont en général placés sur le plateau insulaire et ne concentrent pas les espèces du large. Quant aux techniques de pêche mises en œuvre, elles n'exploitent que la couche d'eau proche de la surface. Le développement de pêche profonde à l'aide de palangres verticales (pêche au « bidon ») a permis une meilleure valorisation des concentrations sous DCP, en Martinique et en Guadeloupe. Près de 20 % des prises sous DCP et jusqu'à 50 % en Guadeloupe (en 1995) sont le fait de cette pêche. C'est grâce à cette technique que la pêche des poissons pélagiques autour de DCP est devenue une activité à part entière pour les pêcheurs de certaines îles.

Les modes de gestion des DCP diffèrent selon les îles où ils se sont développés. Trois configurations ont été observées : prise en charge par le secteur privé avec un encadrement de l'État (Guadeloupe), prise en

charge complète par l'État (Curaçao) et prise en charge collective par des groupements de pêcheurs en collaboration avec l'État et avec un cofinancement du conseil régional (Martinique). Le recul est encore insuffisant pour bien apprécier les avantages et inconvénients de ces différents modes de gestion. Ils semblent conditionner le coût et la conception des DCP utilisés : légers et peu coûteux lorsqu'ils sont financés par des privés, plus importants et plus onéreux quand ils sont pris en charge par l'État. Dans ce cas, ils sont mieux entretenus et conformes à la réglementation maritime (balisage...). Lorsqu'ils sont gérés par des privés, leur nombre est plus élevé et ils sont parfois mis très loin de la côte où les risques de conflits sont moindres. L'efficacité de chaque mode de gestion des DCP reste à évaluer en termes de rapidité de développement, incitation à l'innovation, coût pour la société, possibilité de régulation de l'activité, gestion des conflits, prévention des accidents.

Quelle que soit leur conception, les DCP concentrent les grands poissons pélagiques et facilitent l'exploitation de ces ressources hauturières par les unités de pêche artisanale dont le rayon d'action est faible. Les caractéristiques des dispositifs utilisés paraissent conditionnées essentiellement par les possibilités techniques et financières de ceux qui en ont la charge. Les travaux, souhaités par tous, pour améliorer les DCP, en particulier en vue d'augmenter leur durée de vie et diminuer leur coût, devraient donc prendre en compte cette nécessité qu'ont les professionnels ou responsables des services des pêches de maîtriser l'outil qu'ils ont à gérer.

Plusieurs modes d'exploitation des DCP ont vu le jour en fonction du nombre de dispositifs disponibles et de leur localisation. La durée des sorties peut varier du simple au double selon qu'il existe peu ou beaucoup de DCP. Un ou plusieurs DCP peuvent être exploités pendant la sortie. Les sorties se font exclusivement sous DCP, comme sur les côtes caraïbes de Martinique et Guadeloupe. Des sorties mixtes DCP-pêche à la traîne au large sont fréquentes sur la côte atlantique où l'exploitation des poissons pélagiques hauturiers est traditionnellement intense. Une évolution vers une spécialisation des sorties est apparue après quelques années de présence de DCP sur la côte atlantique de la Martinique.

Des perspectives de développement de la pêche autour des DCP existent encore. Les concentrations de poissons sont peu exploitées autour de ces dispositifs et certaines espèces, dont la présence a pu être vérifiée au cours de pêches expérimentales, ne sont pas exploitées. Une densité plus importante de DCP peut également favoriser le développement de cette pêche. Toutes les pêcheries artisanales des pays insulaires de la Caraïbe pourraient développer la pêche des poissons pélagiques hauturiers à l'aide de DCP en mettant à profit l'expérience des îles où se pratique déjà cette activité.

Après s'être développés sur les côtes caraïbes, les DCP sont de plus en plus exploités sur les côtes atlantiques de la Martinique et de la Guadeloupe. Il est probable que cette évolution entraîne l'utilisation de

techniques, comme la pêche au « bidon », pour l'exploitation des bois dérivants lors des sorties de pêche traditionnelle des poissons pélagiques du large. Cela devrait entraîner un accroissement sensible des prises si des concentrations du même type que celles rencontrées sous les DCP ancrés se forment sous les bois dérivants. Mais aucune recherche n'a encore été entreprise pour vérifier une telle hypothèse.

La pêche autour des DCP provoque des changements dans l'exploitation des ressources halieutiques. C'est ainsi que les captures de juvéniles sont plus importantes autour des DCP qu'à la pêche traditionnelle de traîne. Elles sont le fait de pêches proches de la surface. Afin d'éviter de telles prises, des techniques sélectives doivent être recherchées. Le développement de la pêche associée aux DCP entraîne également une augmentation des prises de certaines espèces de poissons pélagiques. Afin d'évaluer le niveau d'exploitation de ces espèces, un suivi statistique de la pêche associée aux DCP doit être organisé dans les Petites Antilles.

Références bibliographiques

- Battaglia A., 1993. Les grands poissons pélagiques à la Martinique et en région caraïbe. Biologie et pêche. Rapp. Intern. Ifremer, Drv/rh 93/027, 81 p.
- Buurt G. (van), 1995. The construction and deployment of deep-water Fish Aggregating Devices in the island of Curaçao. FAO, Caribbean technical cooperation network in artisanal fisheries and aquaculture, Santiago, Chile, PES-25, 41 p.
- Chakalall B., Robin M., McConney P., 1998. Current issues in fisheries governance in the Caribbean Community (Caricom). Mar. Policy, 22(1), 29-44.
- Clavijo I.E., Laplace J., Tobias W., 1987. Construction and evaluation of a midwater FAD design in the US Virgin Islands. Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst., 38, 714-722.
- Farrugio H., Lantz F., Vallet J.L., 1988. Compte rendu de mission aux Antilles du 11 au 24 avril 1988. Rapp. Intern. Ifremer, Drv/rh 88/218, 35 p.
- Fiegenbaum D., Friedlander A., Bushing M., 1989. Determination of the feasibility of Fish Attracting Devices for enhancing fisheries in Puerto Rico. Bull. Mar. Sci., 44(2), 950-959.
- Goodwin M.H., 1986. Evaluation of fisheries enhancement technology for the Eastern Caribbean. Final report prepared for United States Agency for International Development Office-Caribb. Gulf, Caribb. Fish. Inst., 22 p.
- Guillou A., Bruyère F., Lagin A., 1995. Activités nouvelles de pêche observées autour de DCP « profonds » à la Martinique : comparaison des résultats obtenus avec ceux de la pêche au large traditionnelle « à Miquelon ». Rapport de contrat Région Martinique-Ifremer Martinique, Dvr/rh, 58 p.

- Klima E.F., Wickham D. A., 1971. Attraction of coastal pelagic fishes with artificial structures. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 100, 86-99.
- Lagin A., Ledouble O., 1994. Première analyse des informations fournies par les pêcheurs professionnels guadeloupéens sur leur activité de pêche autour des DCP en 1993. *Rapp. Intern. Ifremer Martinique*, Dvr/rh, 21 p.
- Le Guen R., Guillou A., Lagin A., 1996. Résultats comparés de pêche autour de DCP en Guadeloupe en 1995 par rapport à ceux des trois années précédentes. *Rapp. Intern. Ifremer Martinique*, Dvr/rh, 14 p.
- McIntosh S., 1984. Progress with the development of Fish Aggregating Devices in the Caribbean. *Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst.* 37, 64-66.
- Paulmier G., 1992. Rapport de mission en Guadeloupe. *Rapp. Intern. Ifremer Martinique*, Dvr/rh, 7 p.
- Prado J., 1991. Some considerations on surface/midwater FADs, technology and utilization. Symposium on artificial reefs and Fish Aggregating Devices as tools for the management and enhancement of marine fishery resources, Colombo, Sri Lanka, 14-17 May, 1990, 264-278.
- Rountree A., 1990. Community structure of fishes attracted to shallow water Fish Aggregation Devices off South Carolina, USA. *Env. Biol. Fish.*, 29, 241-262.
- Sacchi J., Lagin A., 1985. Implantation de dispositifs de concentration de poissons pour la pêche artisanale en Martinique. Colloque franco-japonais d'océanographie, Marseille 16-21 sept. 1985, 6, 133-139.
- Shatz V., 1999. Fishstat Plus, logiciel FAO version 2.19.
- Stephan C.D., Lindquist D.G., 1989. A comparative analysis of the fish assemblages associated with old and new shipwrecks and Fish Aggregating Devices in Onslow bay, North Carolina. *Bull. Mar. Sci.*, 44 (2), 698-717.
- Taquet M., Guillou A., Rageot O., Maguer C., Lagin A., 1998. Grands pélagiques : biologie et optimisation de l'exploitation dans les eaux proches de la Martinique. Rapport final de convention Ifremer-conseil régional de la Martinique, 96/241, 82 p.
- Ugoloni B., Robert R., 1982. Dispositifs de concentration de poissons en Polynésie française. *Pêche Marit.*, nov. 1982, 631-633.
- Wolf R.S., Rathjen W.F., 1974. Exploratory fishing in the Caribbean. *Mar. Fish. Rev.*, 36(9), 1-7.

The Fish Aggregating Device (FAD) system of Hawaii

Kim N. Holland, Adam Jaffe, Warren Cortez

University of Hawaii at Manoa, Hawaii Institute of Marine Biology, Honolulu, Hawaii, USA
kholland@hawaii.edu

Abstract

Hawaii was one of the first locations to adapt the Philippine payao concept for use in high energy, deep-water environments. Initial experimental FAD deployments were made by the National Marine Fisheries Service in 1977. In 1980, the State of Hawaii started deploying FADs in a programme that has since expanded to its current status of 52 approved surface FAD sites. Funding is primarily derived from federal US programmes and the FADs are primarily focused on the sport fishing community. FAD sites were selected to expedite access by sport fishermen; specific sites were chosen after consultation with fishermen at public hearings. Since 1997, the FAD system has been managed on a collaborative basis between the State of Hawaii and the University of Hawaii. Hawaiian FADs evolved through two previous designs before the current system of single-sphere spar-buoy was adopted. Today's FADs have an "inverse catenary" mooring system comprised of sections of floating and sinking rope attached to a "tripod" concrete block anchor system. FAD sites range between 3.2 km and 46 km from shore. Mooring depths range between 200 and 3,000 metres. Average on-site longevity is 31 months; there is no correlation between longevity and depth of mooring. Windward locations have significantly shorter lifespans than leeward locations. Ten to twenty FADs are replaced each year. Each FAD costs approximately US\$ 7,500 to build and deploy.

Hawaiian FADs are heavily used by private and commercial sport fishermen and by small-scale artisanal and commercial fishermen. Commercial pole-and-line boats occasionally use the FADs to capture skipjack tuna. Hawaiian FADs will continue to be used for various types of pelagic fisheries research.

Geographical context

The Hawaiian archipelago is located in the Central North Pacific. Although the entire archipelago stretches over 2,500 km from the island of Hawaii at 19°N-155°W to Midway and Kure atolls at about 28°N-178°W, the Hawaiian FAD system is deployed only around the eight main Hawaiian islands which stretch from Hawaii to Kauai. These are the permanently inhabited islands of the archipelago. Because the islands are of volcanic origin, water depths increase very rapidly away from

shore. In some places, the ocean is over 3,700 m deep within 15 km of shore. Prevailing wind and surface ocean currents are from the North-East. The northeast “tradewinds” typically blow at between 15 and 40 km/h which cause the ocean to have “tradewind seas” of about 1 to 2 m superimposed on any other existing ocean wave activity.

History of FADs in Hawaii

Hawaii was perhaps the first place where the Philippine payao concept was adapted for use in deep, high-energy environments. Modern use of FADs in Hawaii started in 1977 when the National Marine Fisheries Service, Honolulu Laboratory (a federal US agency) deployed a few experimental FADs in nearshore waters (Matsumoto *et al.*, 1981; Shomura & Matsumoto, 1982). Very good catches of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) were taken from around these early FADs by pole-and-line baitboats and sport fishing was also reported to be excellent. Based on these results, the State of Hawaii Division of Aquatic Resources sought funding to deploy a network of FADs around the islands. In 1980, 26 FADs were deployed. These were of two types: the “pentaspere” which was a group of 5 small (71 cm diameter) buoys welded together and the foam-filled tire design (Higashi, 1994). However, following analysis of the performance of these FADs and the reasons for FAD losses and mooring failure, the system was changed to the use of a single sphere float. By 1983, all Hawaiian FADs had been converted to the single sphere design.

Higashi (1994) has prepared an exhaustive and detailed account of the evolution of FAD design and deployment in Hawaii and, consequently, the rest of this paper will focus on the current status of the Hawaiian FAD system. We will also discuss the various research projects which have focused on these FADs and projects which are planned for the future.

Rationale and funding for the Hawaiian FAD system

The majority of funding for the modern Hawaiian FAD system is obtained from the Sport Fishing Restoration Act (SFRA). This is a federal US programme designed to provide financial support for the management and improvement of sport fisheries within the United States. The money for this programme is raised through a 10% tax on sport fishing equipment and taxes on pleasure boat fuel and importation tariffs on pleasure boats. These funds are disbursed to individual States and, in Hawaii, some of these funds are used to support the FAD system. The SFRA requires that participating States provide some local funds to match the federal money. From the 1980s until 1997, these matching funds came from the budget of the Hawaii Division of Aquatic Resources (HDAR). However, because of reductions in HDAR budget, the Hawaiian FAD system is now administered on a cooperative basis by HDAR and the University of Hawaii, which provides some matching funds for the programme. Since 1997, the daily operation of the FAD system has been conducted by the University of Hawaii.

Because the large majority of the funding for the Hawaiian FAD system comes from the SFRA, the system is primarily designed for the benefit of sport fishing and is certainly not focused on industrial scale fishing. This emphasis on sport fishing greatly influences the location of the FADs and is the reason why all the FADs are located near the main Hawaiian Islands (that is, not in remote areas). Sport fishermen were consulted when the sites for individual FADs were selected.

Design, deployment and location of FADs

Design

Since 1983, all Hawaiian FADs have been of the single-sphere, spar-type float. The float consists of a steel sphere (147 cm diameter) to which are attached a 1.1 m hollow tubular mast to hold the light system and a 2.1 m counterweight pipe which is welded to the bottom of the float. The FAD weighs 399 kg and has a positive displacement of 1,361 kilogramme. Thirty metres of 13 mm chain are attached to the counterweight pipe by a shackle-and-swivel and another shackle-and-swivel links the chain to the mooring rope system. Zinc anodes are installed on the chain.

The mooring system is comprised of sections of negatively buoyant polyester-polyethylene rope and positively buoyant polypropylene-polyethylene rope which deploys in an inverse catenary system of the type described by Boy & Smith (1984) and Gates *et al.* (1996). FADs anchored in windward locations are moored with 25 mm diameter rope, FADs deployed in leeward locations are anchored with 19 mm diameter rope. The mooring scope ratio is normally 1.3:1 although scopes of 1.53:1 are used in locations with very strong currents. The entire mooring rope (both the sinking and floating sections) is purchased from the manufacturer in one piece. That is, Hawaii personnel perform no splicing of the two rope sections because the sinking and floating sections of the mooring are seamlessly connected by the manufacturer. The mooring rope is anchored by 25 metres of 13 mm chain to each of three 771 kg concrete block anchors deployed in a “tripod” configuration. The light system is a yellow light flashing every 15 seconds and powered by a bank of 6-volt batteries and activated by a light-sensitive switch.

Deployment

Deployment is conducted exclusively by commercial vessels chartered specifically for this task. Over the years, a variety of different companies have been used. Differences in the skill level of the different deployment boat operators have been one of the persistent problems with the operation of the Hawaiian FAD system. In a normal deployment operation, the float is deployed first, the mooring line is payed out on the ocean surface and, finally, the anchors are released from the vessel.

In order to reduce the costs of deployment, missing FADs are replaced in groups, or “batches”. In this way, several FADs can be replaced during a single charter of a deployment vessel, which might, for instance,

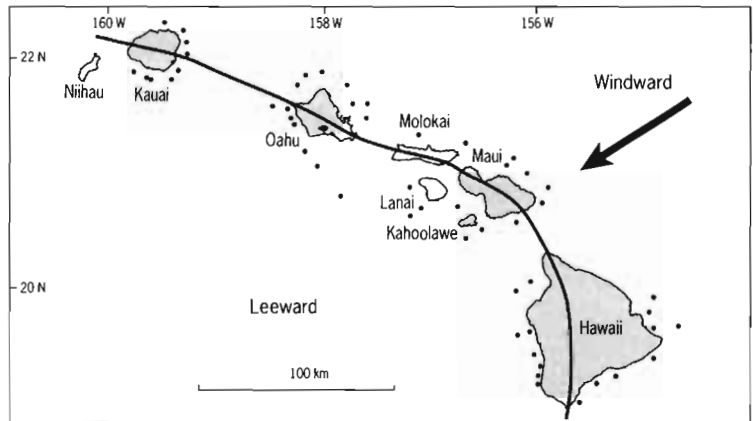
deploy six replacement FADs in a single trip. Typically, between 10 and 20 FADs are replaced each year. Currently, the average cost for each FAD is approximately US\$ 7,500 per FAD (including rope and mooring components, float sphere, fabrication and deployment). Because the rope is the single most expensive component, there is considerable variation in cost among FADs because of the wide range of mooring depths. Batteries are replaced during periodic maintenance and during deployment trips.

FAD locations

As mentioned previously, the principal target group for Hawaiian FAD system is the sport fishing community. Because of this, all FAD locations are within a one day transit distance from at least one of the main Hawaiian Islands (fig. 1). Many of the current FAD sites were selected on the basis of public meetings with fishermen and sport fishing clubs. After initial selection of sites that were preferred from a fishing perspective, some were discarded as unsuitable because of too much surface vessel traffic or because of objections from the US military. The current 52 FAD sites are all approved by the US Coast Guard and the sites are marked on official navigation charts for the area.

Hawaiian FADs are located between 3.2 km and 46 km from the nearest point of land. Depths of deployment range from approximately 200 m to approximately 3 000 m with the majority located in water between 700 m and 1,600 m deep. Thirty-two sites can be considered “windward” locations and 20 are in “leeward” locations (fig. 1).

Figure 1
Location of FADs around the main Hawaiian Islands. Persistent northeast tradewinds allow the FADs to be divided into “windward” and “leeward” locations.

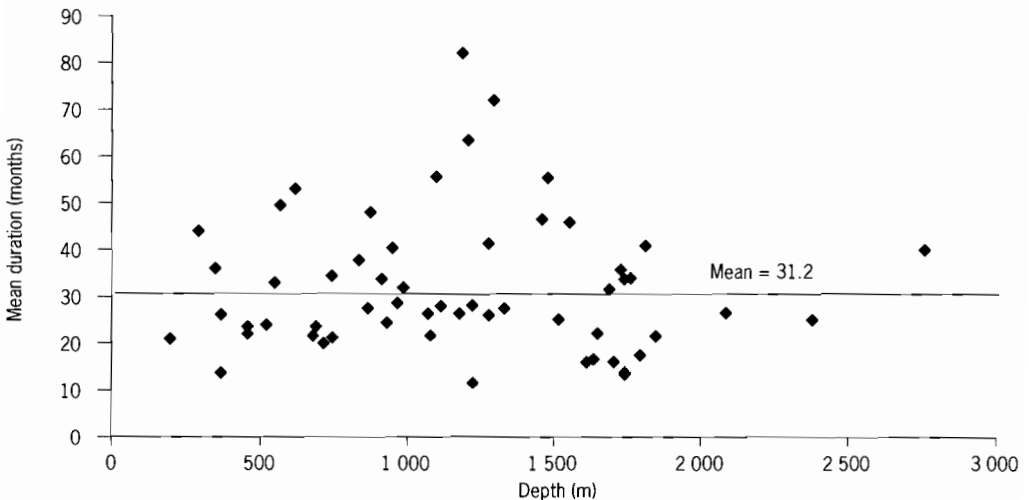


Analysis of physical parameters of the current FAD system

In the past year, we have begun to analyse the physical performance of the FAD system so that we can improve longevity, reduce costs per FAD and improve the effectiveness of the system. Although minor changes in construction materials and mooring components have occurred, the current design and deployment strategy have been in place for about 15 years. Analysis of the trends in longevity yielded some interesting results.

Up to February 1999, single-sphere FADs of the modern design and mooring system have been deployed on 275 occasions. Based on the assumption that deployments of FADs that remained on-station for less than one month were due to improper deployment or other equipment failure, durations of less than one month were excluded from analyses of FAD on-site longevity. On-site durations of one month or less comprised 6% of total deployments. Excluding these durations of less than a month, the overall average on-site longevity of Hawaiian single-sphere FADs was 31.2 months (SD = 14.8). There was no correlation between distance from shore and on-site longevity and there was no significant correlation between depth of deployment and longevity ($r = 0.019$, $df = 57$, $p > 0.05$). A plot of on-site duration versus deployment depth illustrates that, at all depths, longevity is quite evenly distributed around the overall mean of 31.2 months (fig. 2). This is somewhat unexpected finding with important ramifications. For instance, it means that FADs could be placed further from shore to service commercial vessels or to service "long-range" sport fishing and have the same longevity expectations as nearshore FADs. Given the fact that there is some evidence that remote FADs aggregate more fish (Kakuma, 2000), this result suggests that the number of "distant" FADs could be increased without too much increase in cost to the programme.

Figure 2
Relationship between ocean depth and FAD longevity. Overall average longevity is 31.2 months.



By contrast, there is significant difference ($p < 0.05$) between FADs moored at "windward" locations and those moored at "leeward" locations even though the windward FADs are moored with thicker rope. Average on-site duration at windward sites is 24.9 months (SD = 8) whereas leeward sites average is 43.4 months (SD = 17). It is usually not possible to confirm the reasons why FADs break from their moorings because the FAD is often not recovered for inspection or is recovered only after it has incurred additional damage after the initial failure. However, the most common confirmed cause of failure in Hawaiian FADs is the

swivel-shackle assembly where the rope meets the chain or where the chain meets the bottom spar on the float. Other quite common causes of loss are parting of the mooring line and being run over by very large vessels such as inter-island cargo barges.

The failure of the swivel-shackle assembly may be one of the reasons why windward FADs have shorter lifespans than leeward FADs. It is possible that the more exposed windward locations have more "tradewind seas" that impart more short-frequency movements and friction damage in components (such as the shackles) that are close to the surface. By contrast, deeper components of the mooring system (such as the rope) are more isolated from these surface conditions which are why there is no correlation between depth of mooring and the longevity of the FAD. We are considering installing a small diameter "safety cable" that will link the top of the rope and the bottom of the buoy so that, if the swivels fail, the FAD will stay on station until repairs can be made.

Analysis of the longevity of FADs that are still on-site since their last deployment (that is, FADs currently in the water) shows they have been on-site for an average of 37.7 months. That is about 6 months longer than the overall, long-term average (31.2 months) and suggests that the minor modifications we have made in mooring components and attention to initial deployment conditions is paying off in terms of overall longevity.

Recently, we have instituted an automatic telephone system that provides information about the current status of the FAD system and that allows people to report any missing FADs. For the same reason, we have constructed an interactive Web page which gives a history of the Hawaiian FAD system and provides updates about the status of the FAD system: www.hawaii.edu/bimb/fads/

Usage patterns and economic impact of Hawaiian FADs

There have been no consistent records of the usage patterns of Hawaiian FADs by private individuals or by the various commercial sectors of the fishery. Further, the records of commercial landings of nearshore fisheries in Hawaii are not sufficiently reliable or fine-scaled to give an accurate picture of the impacts of FADs on Hawaiian economy.

Certainly, the FADs are extremely popular with the sport fishing sector in Hawaii. The FADs are utilized by a wide range of sport vessels ranging from large powerboats to small rubber craft and even man-powered canoes. A wide variety of fishing methods are evident, the most common being trolling, vertical jigging and drift fishing of live or dead bait. The FADs are also used extensively for subsistence scale operations, which target small sizes of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*), bigeye tuna (*T. obesus*), skipjack tuna and, less often, mackerel scad (*Decapterus* sp.). In some parts of the islands, the FADs contribute a significant part of the food supply for families in those areas.

Although the Hawaiian FAD system is intended primarily as an aid to sport fishing and is underwritten by funds derived from the sale of sport fishing equipment, commercial operations derive significant advantage from the FAD system. Probably the biggest beneficiary is the commercial sport fishing sector. Sport fishing charter boats visit the FADs extensively and use the FADs to catch target species such as tuna, marlin and “mahi-mahi” (*Coryphaena hippurus*). They also use the FADs to catch live bait for marlin fishing. FADs provide charter boats with much improved chances of success, even if the fish are small tuna caught on light tackle. In fact, light tackle sport fishing at the FADs is one of the options promoted by the commercial sport fishing sector. Nearshore handline fishermen that target large tuna for the high-quality sashimi market also fish at the FADs both during the day and night in those seasons when large fish can be found close to shore. The FADs are not the primary location for these fishermen but form one part of their overall fishing strategy.

The FADs are also used occasionally by live-bait pole-and-line boats that primarily target skipjack tuna. Pole-and-line boats use the FADs most often when fishing is bad in the whole region and, under these circumstances, these vessels will also take small yellowfin and bigeye. There are no legal restrictions that limit use of the FADs by commercial operators although the pole-and-line vessels do often cause bad feelings when they fish at the FADs. Because pelagic longline fishing is prohibited within 25 miles (40 km) of the shore of the main Hawaiian Islands, longliners do not utilize the FADs and there are no conflicts between longliners and the other FAD users.

Future prospects

For the foreseeable future, the Hawaiian FAD system will continue in much the same way as it exists at the moment. This, of course, is contingent on continued funding from the SFRA. Certainly, it is improbable that Hawaii could maintain this system in the absence of federal funding. A few new FAD locations are being discussed with fishermen and a few seldom-used sites may be abandoned.

We do intend to continue and expand the research activities associated with Hawaiian FADs. Several fisheries research projects have derived significant benefit from access to the Hawaiian FAD system and, now that the system is administered by the University of Hawaii, it is intended that this tradition of research activities should be expanded. Hawaiian FADs have been used in studies of the movement patterns of tunas (Holland *et al.*, 1990; Klimley & Holloway, 1999) and in a preliminary investigation of the feeding behaviour of tuna at FADs (Brock, 1985). Currently, the FADs are being used as an integral part of a large-scale tag-and-release study to investigate the movement patterns of yellowfin and bigeye tunas in Hawaii (Itano & Holland, 2000; Sibert *et al.*, 2000). These tag-and-release experiments will continue for several years with an emphasis on elucidating the duration of residence and visitation

patterns of tunas associated with FADs. Also, there are preliminary plans to deploy a series of oceanographic instruments on the moorings of several FADs and to use the FADs for a comprehensive investigation of the feeding behaviour of aggregations of yellowfin and bigeye tunas. All of these research activities will be particularly timely given the probable immanent implementation of international management of tuna resources in the Pacific. Given the importance of tuna aggregations in general, and the widespread use of FADs in particular, it is anticipated that any international management protocol will place high value on the type of data that we can produce from scientific work conducted around Hawaiian FADs.

Bibliographic references

- Boy R.L., Smith B.R., 1984. Design improvements to Fish Aggregating Device (FAD) mooring systems in general use in Pacific island countries. SPC Handb., 24, 77 p.
- Brock R.E., 1985. Preliminary study of the feeding habits of pelagic fish around Hawaiian fish aggregation devices, or can fish aggregation devices enhance local productivity. Bull. Mar. Sci., 37, 40-49.
- Gates P., Cusack P., Watt P., 1996. South Pacific Commission Fish Aggregating Device (FAD) Manual. II: Rigging deep-water FAD moorings. SPC, Noumea, New Caledonia, 43 p.
- Higashi G.R., 1994. Ten years of Fish Aggregating Device design and development in Hawaii. Bull. Mar. Sci., 55, 651-666.
- Holland K.N., Brill R.W., Chang R.K.C., 1990. Horizontal and vertical movements of yellowfin and bigeye tunas associated with Fish Aggregating Devices. Fish. Bull., 88, 493-507.
- Itano D.G., Holland K.N., 2000. Tags and FADs-movement and vulnerability of bigeye (*Thunnus obesus*) and yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in relation to FADs and natural aggregation points. Aquat. Living Resour., 13(4), 213-223.
- Kakuma S., 2000. Synthesis on moored FADs in the North West Pacific region. In: Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons. Le Gall J.-Y., Cayré P., Taquet M. (eds). Éd. Ifremer, Actes Colloq., 28, 63-77.
- Klimley A.P., Holloway C.F., 1999. School fidelity and homing synchronicity of yellowfin tuna *Thunnus albacares*. Mar. Biol., 133, 307-317.
- Matsumoto W.M., Kazama T.K., Asted D.C., 1981. Anchored Fish Aggregating Devices in Hawaiian waters. Mar. Fish. Rev., 43(9), 1-13.
- Shomura R.S., Matsumoto W.M., 1982. Structured flotsam as Fish Aggregating Devices. NOAA-TM-NMFS-SWFC-22, 9 p.
- Sibert J., Holland K.N., Itano D., 2000. Exchange rates of yellowfin and bigeye tunas and fishery interaction between Cross seamount and nearshore FADs in Hawaii. Aquat. Living Res., 13(4), 225-232.

Synthesis on moored FADs in the North West Pacific region

Shinichiro Kakuma

Okinawa Fisheries Experimental Station, 1-3-1 Nishizaki Itoman, Okinawa, Japan
skakuma@fish.pref.okinawa.jp

Abstract

In early 1980s, FAD fisheries were introduced from the Philippines to Japan, mainly to Okinawa. The fisheries have well developed becoming one of the main fisheries in Okinawa where 210 FADs are approved to deploy in 1999. The annual catch by roughly 1 000 boats (most of them are small) is 2500–4000 mt; average catch from one FAD is about 20 mt; average catch by one boat on one day is 73 kilogrammes. FADs are also important for easing the fishing pressures on bottom fish stocks. Most of the FADs were deployed and managed by local fishermen's groups that have improved the structures of the system to withstand typhoons. The catches are strongly depending on the sites, usually the farther offshore, the better the catches. A variety of fishing methods are devised targeting each species and the size of the fish. Being most abundant and having relatively higher prices, yellowfin tuna is the most important and consists 68% of the total production. There have been conflicts among fishermen on the use of FADs since the early stage of the fisheries development. Now, the number of FADs is regulated by a management committee. Conflicts between fishermen and sport fishermen have become problems; on the other hand, the sport fishing could lead to further development of the fisheries. Degraded fish meat caused by high meat temperature and occasional oversupply have been major marketing problems since prices are strongly related to the meat quality and the fish supply.

Area and existing FAD programme

Geographic zone concerned and States in the zone

The geographic zone concerned: North West Pacific.

States in the zone: Japan.

The Philippines are excluded from this regional synthesis. I focused on Okinawa where the majority of FADs in Japan are deployed.

Outline of Okinawa

Okinawa prefecture is located south-west of mainland Japan forming an archipelago between Kyushu and Taiwan (fig. 1). It consists of 160 islands running north-east to south-west; 1.3 million people inhabit the 42 islands.

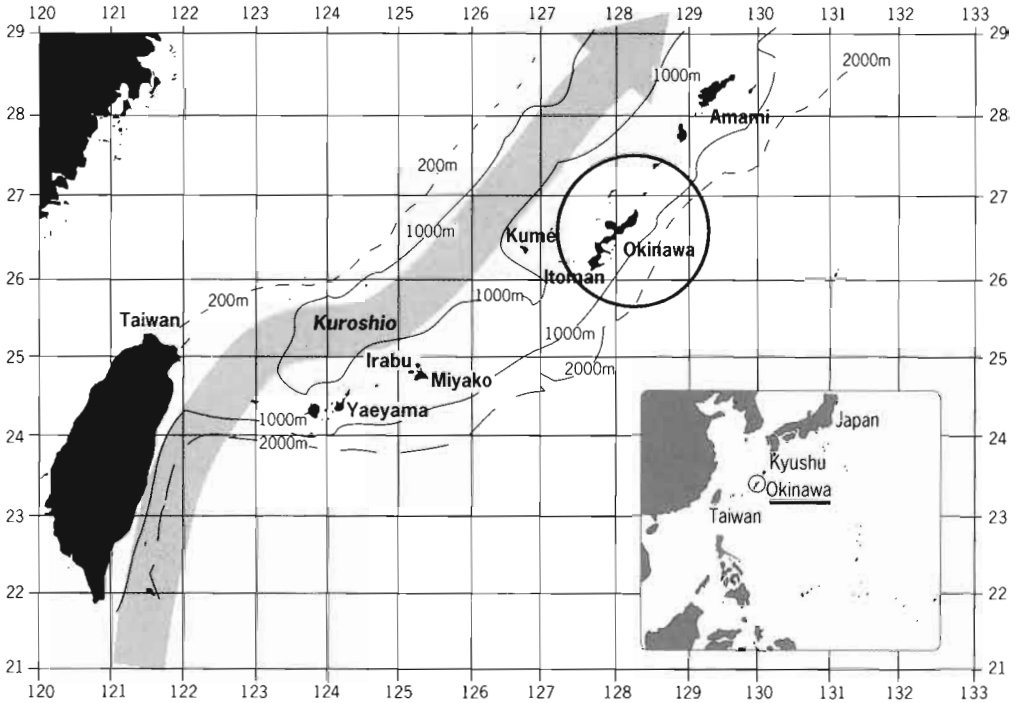


Figure 1
Location of Okinawa.

Ten to fifteen nautical miles to the south-east off the archipelago, the ocean depth drops rapidly to over 1,000 metres. The “Kuroshio”, a warm and strong current, flows west of the archipelago along the continental shelf. Surface water temperature in the area of the FADs is between 21 and 29 degrees Celsius. North to north-east monsoon winds dominate in winter causing rough sea conditions, while some typhoons attack Okinawa during summer and autumn.

Origin of Japanese FADs

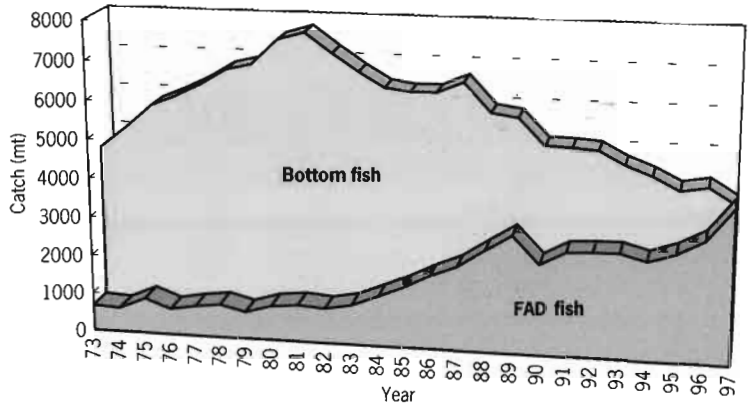
Simple FADs targeting dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) have been deployed in various places in Japan for more than a hundred years. Off-shore deeper (>1,000 m) FADs, targeting tuna species, were introduced from the Philippines to the southern parts of Japan.

Background and fisheries development

In early 1980s, prefectures such as Okinawa, Kagoshima, Miyazaki, and Kochi developed FAD fisheries. These prefectures are located on the south Pacific side of Japan and the Kuroshio flows along their shores. In those days, bottom fish stocks were decreasing due to overfishing, and one of the reasons that Okinawa tried to develop FAD fisheries was to improve income and divert fishing effort from these bottom fish species.

Fisheries statistics from the Okinawa Development Agency (ODA) show catches of bottom fish have decreased drastically since 1982 (fig. 2), while FAD fisheries production has increased. This has helped to compensate for the reduced demersal fisheries.

Figure 2
Catches of bottom fish
and FAD fish.



Dynamics of deployments

Introduction, improvement and status

The offshore (>1,000 m depth) FAD projects started in 1982 when Okinawa Fisheries Experimental Station and two fisheries cooperatives (FCs) in Miyako examined the effects of 14 experimental FADs. Because the results were very good, the use of FADs spread rapidly and FADs were deployed by other FCs in Okinawa.

I have listed the number and the types of offshore FADs in Okinawa, Amami, the other prefectures and Taiwan in tables 1 and 2. At first, commercially manufactured FADs were popular in Okinawa but soon cheaper handmade FADs prevailed. A typical handmade FAD system (consisting of several small connected buoys) is similar to the Indian Ocean FAD systems (Cusack, 1996). The advantages of these FADs are, cheaper, easier maintenance and durability in strong currents. Another popular FAD type is the so-called "vertical type" that has larger underwater structures. Figures 3 and 4 show the configuration of Okinawan FADs.

Deployment constraints and considerations

Losses of FADs by typhoons have been a serious problem, especially in the early stages. Most FADs were lost within 1 to 1.5 year, with some lost less than a year after deployment. Despite this, the catch rates from FADs were sufficient to warrant new deployments. Besides, the fishermen tried to devise measures to make their FADs last longer.

First, the mooring system was improved. Some FCs changed the single-anchor system to a double-anchor system. Because the upper part of the mooring rope was sometimes damaged by fishing gear, it was replaced by stronger material. Today, shackles are almost never used in the upper part of the mooring system because they sometimes become the breaking points.

Table 1 - Number and types of FADs by fisheries cooperative in Okinawa.

FC	Approved Nb in 1999	At sea in August	FAD type	Nb	Costs *1 (1000 yen)	Avg. years at sea	Nb of boats	Size of boats	Subsidy *3 (1000 yen)
Itoman	12	11	A	10	1700	2.5-3	91	<4 t	4350
			B	1	1000	?			
Minatogawa	9	9	B	9	1700	2-3	48	<4 t	1600
Chinen	7	7	B	7	1000	1.5	75	2-7 t	1000
Okinawashi	10	8	B	8	1500	2	36	4-7 t	1200
Kumejima	11	11	B	6	750	1-2	139	<5 t	2000
			B	5	900	3			
Irabu	7	7	C	6	400	>3	34	<5 t 10-20 t	4000
			D	1	4000	?			
Yaeyama	18	18	B	7	400	2-3	20	<5 t	3400
			C	11	1000	2-4			
Kin	8	8	A	2	5000	2	35	5 t	2500
			D	6	3000	?			
Motobu	4	4	D	4	1100	>3	6	<5 t 10-50	3000
Kunigami	6	6	B	3	1250	1	75	3-10 t	3000
			D	3	3500	>3			
Nago	4	4	B	4	1250	1-2	25	3-9 t	625
Haneji	3	0							
Ie	4	1	C	1	650	>2	4	3-5 t	0
Onna	5	5	C	5	1200	>3	30	<5 t	600
Yomitan	4	1	B	1	500	<2	2	<5	50%
Iheya	1	0							
Nakijin	2	1	B	1	600	2	2	3 t	50%
Chatan	6	0							
Urasoe	5	2	A	2	4500	>2	6	4 t	50%
			B	1	1500	<1			
Nahaengan	9	2	B	1	1500	<1	13	<5 t	2000
			B	1	2500				
Tokashiki	5	2	B	2	1500	3-5	10	3-5 t	0
Tonaki	4	3	C	3	3500	2	10	1-3 t	30%
Zamami	3	1	B	1	650	>3	23	<5 t	0
Ishikawa	3	2	B	2	1500	1	25	5-6 t	400
Yonashiro	3	0							
Katsuren	3	1	A	1	2000	1	3	<5 t	0
Yonabaru	6	2	B	2	430	1-2	2	3-5 t	0
Sashiki	4	2	B	2	850	<1	21	<3 t	500
Ginoza	3	3	B	3	800	1-1.5	10	3-5 t	600
Gushikawa	5	2	B	2	900	<1	20	3-5 t	1200
Hirara	13	6	C	5	550	2	4	<5 t	1000
			D	1	?	5			
Yonaguni	3	2	B	2	800	<2	35	3 t	600
Other	10	10	?	10	?	?	?	?	?
Nirai	10	10	A	10	>100000	>10			
Sum	210	151					840 *2		

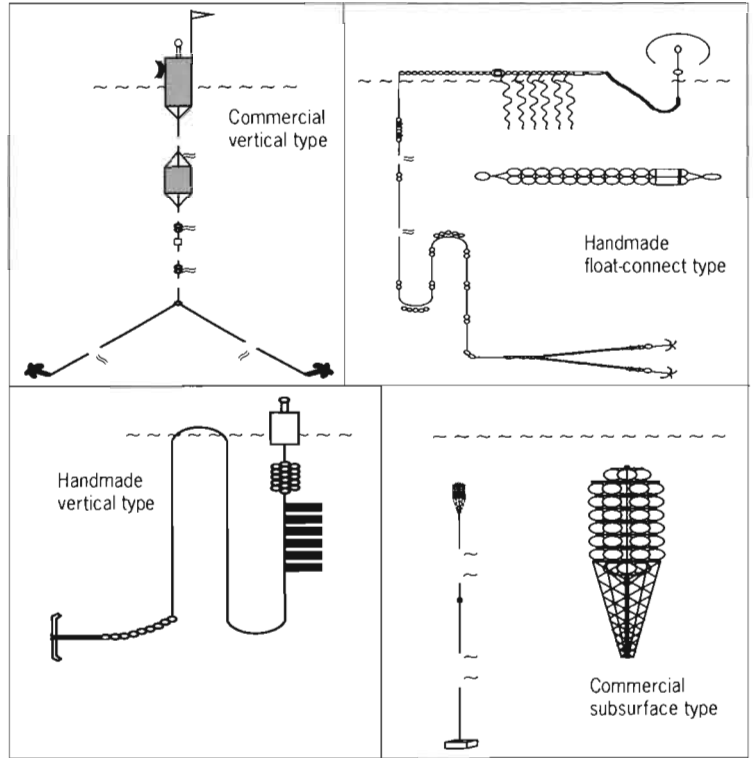
FAD type
A: Commercial
B: Handmade vertical
C: Float-connect
D: Subsurface

*1 Rough costs including buoys, anchors, ropes and deployment cost

*2 The total number of boats in the prefecture is greater than this.

*3 Annual average subsidy

Figure 3
Configurations
of Okinawan FADs.



Commercial subsurface type



Commercial vertical type



Handmade vertical type

Figure 4
Pictures
of Okinawan FADs.



Handmade float-connect type

Table 2 - Number of FADs in Amami, the other prefectures and Taiwan.

	Amami	Kagoshima	Miyazaki	Kochi	Shizuoka	Kanagawa	Chiba	Jamarc *1	Taiwan
Type A	4	1	4	9	1	1	1		
Type B	53								3
Type D	7	6					9	64	3
Sum	64	7	4	9	1	1	10	64	6

FAD type A: Surface large, similar to nirai
 B: Surface small
 D: Subsurface

*1 Jamarc: Japan Marine Fishery Resource Research Center
 Jamarc FADs are located in Okinawa and Amami.

Second, for smaller handmade FADs, damaged floats or upper mooring ropes are repaired every two to three months. Large ships sometimes broke the FADs and so installing lights on FADs is now carried out. Replacement of batteries for the lights is a normal maintenance task. Recently, huge durable steel FADs (nirai) have been deployed with national and prefectural government subsidy. The diameters of the components of the nirai steel raft are 7 m for the surface part and 16 m for the underwater part (fig. 5). It is designed to last at least 10 years, is moored with huge chains and reinforced wires. The cost is over 100 million yen (equivalent to one million US\$). Ten nirai were deployed in Okinawan waters in 1999. Although the cost seems very expensive, the average annual catch in 1996 and 1997 from one nirai was about 40 mt (25 million yen). So, if a nirai FAD lasts more than 10 years, it would yield much more than its cost.

It is thought that subsurface FADs might greatly decrease the losses of FADs. The Japan Marine Fishery Resource Research Center (Jamarc) deployed 56 subsurface FADs through 1996. To date, only one has been lost. In addition, some fishermen believe that the subsurface FADs aggregate more fish than the surface FADs. Nevertheless, subsurface FADs have encountered two drawbacks. First, it is difficult for fishermen to find the FADs. Second, it is difficult to deploy the subsurface rafts exactly at the desired depths. At deeper locations (>1,000 m), even getting an accurate sound of the ocean bottom was difficult. However, recently, it has become easier to find subsurface FADs with widespread use of GPS (Geographic Positioning System). Also, techniques

Figure 5
 Nirai.



for deploying the subsurface raft have advanced greatly. Although the number of subsurface FADs is limited to date, it might increase rapidly.

Location of FADs

The locations of FADs around Okinawa Island and Miyako-Yaeyama are plotted in figure 6 and figure 7 respectively.

In 1999, 210 FAD sites were approved for deployment. Some of them have already been lost in recent typhoons and some have not yet been deployed. So the actual number of the FADs at sea at this time is unknown, though is thought to be between 140 and 160 (tab. 1). The actual location of the each FAD slightly diverges from its plotted point because

Figure 6
Locations of FADs around Okinawa Island.

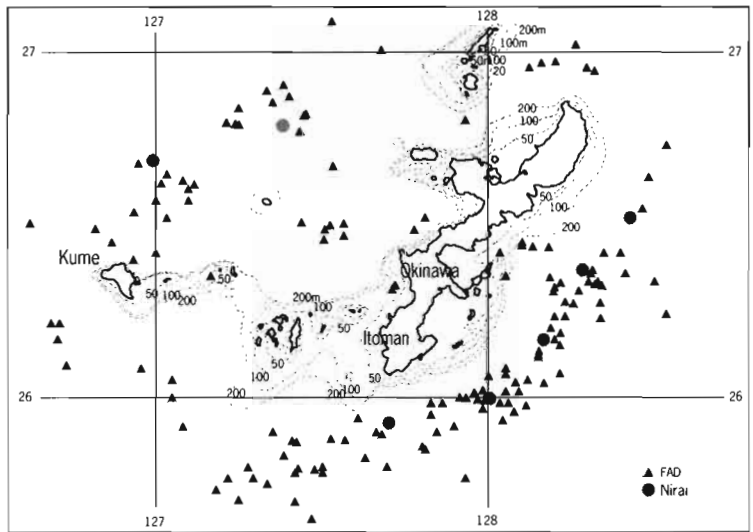
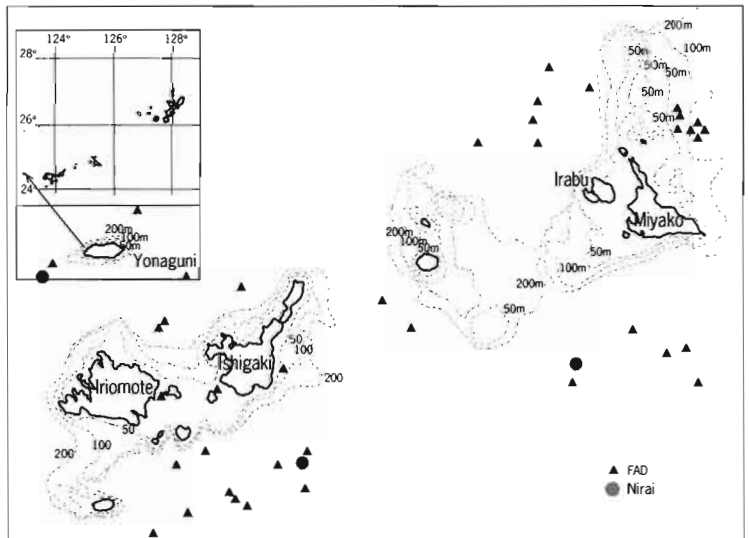


Figure 7
Locations of FADs around Miyako-Yaeyama.



of the difficulty of deployment operations. The FADs owned by FCs were mostly deployed by fishermen. The fishermen in one FC constructed a large barge exclusively for FAD deployment. The barge was towed to the deployment site with FAD components and many fishermen on it, and then the FAD was deployed with manpower (fig. 8).

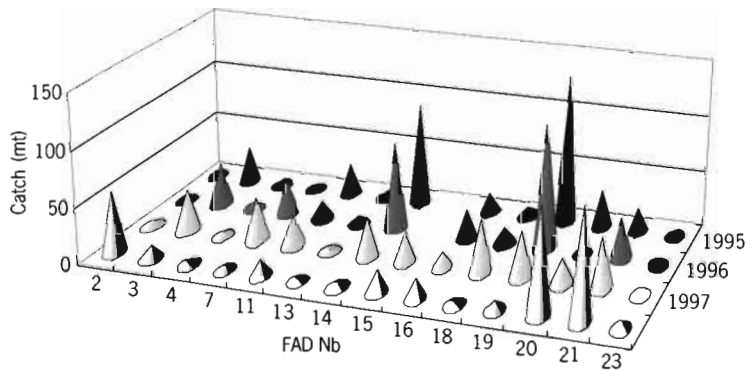
Figure 8
Deployment operation
of FADs by fishermen.



Catch depends greatly on the FADs locations. Figure 9 shows catches from 14 FADs of one FC for 1995, 1996 and 1997. The better FAD catches are about 50 times greater than worse FAD catches and best three FAD catches together cover about 60% of the total catch. If the types of FADs are the same, it is reasonable to presume that the difference in catches comes from the difference of the locations of the FADs. Consequently, location selection is very important. The fishermen determine the FAD location by depth, currents, bottom topography, and distance from the ports. Reportedly, the further the location, the better the catch and catch statistics confirm this. Hence, the depth of the FAD locations has shifted to deeper places recently. However, if the location is too deep and too far from the port, it costs more for deployment and fuel, and smaller boats do not have access to the FAD.

There has not been any analysis carried out to look at the relationship between catch and proximity to other FADs. Often, due to lack of communication between FCs, FADs are unintentionally placed close together.

Figure 9
Catches by FADs belonging
to Itoman FC in 1995-1997.

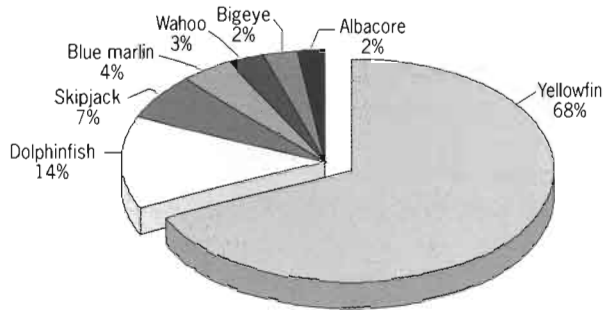


Survey results

Target species and catch data

Target species of the FAD fisheries are yellowfin (*Thunnus albacares*), skipjack (*Katsuwonus pelamis*), blue marlin (*Makaira mazara*), dolphinfish (*Coryphaena hippurus*), wahoo (*Acanthocybium solandri*), bigeye (*T. obesus*), albacore (*T. alalunga*). Yellowfin constitutes 68% of the total catch (fig. 10). Most of these species, seemingly, migrate north-south along Okinawa.

Figure 10
The composition of species.



Amami district, which belongs to the Kagoshima prefecture, is located close to the north of Okinawa and has many FADs. The catches in Amami and in some of the other prefectures in Japan are listed in table 3. The FAD fisheries in Taiwan are still in experimental stages and yet they attained good results (J. Lin, Kaohsiung Branch of Taiwan Fisheries Research Institute, Taiwan, pers. comm.).

Table 3 - Annual catches in Amami and other prefectures in Japan (mt).

	Yellowfin	Dolphinfish	Skipjack	Blue marlin	Wahoo	Albacore	Bigeye	Total
Amami	697	174	517	12	91	7	-	1,499
Miyazaki	123	77	250	-	16	16	-	481
Kochi	283	-	525	-	-	-	-	808

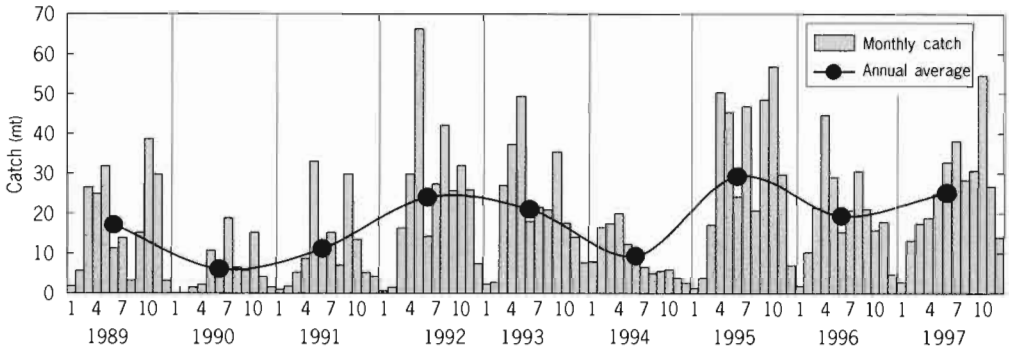
Table 4 shows the catch by species for 12 of the major fisheries cooperatives. This data does not include catch for other smaller FCs, but indicates most of total production of Okinawa.

Table 4 - Catch by species for 12 FCs (mt).

Fish species	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Yellowfin >10 kg	338	117	270	387	371	209	515	314	498	391
Yellowfin <10 kg	943	513	540	699	645	502	474	818	798	594
Dolphinfish	210	255	404	461	234	144	237	171	208	351
Skipjack	127	112	98	60	73	80	163	117	201	161
Blue marlin	207	118	120	84	95	56	91	107	112	103
Wahoo	44	51	59	92	65	60	54	30	45	65
Albacore	0	0	0	1	5	12	24	48	140	116
Bigeye	10	3	7	4	24	20	72	31	98	64
Total	1,881	1,173	1,501	1,789	1,514	1,085	1,631	1,638	2,103	1,846

The catch from FADs had increased rapidly since early 1980s in proportion to the increase of FADs. However, since 1989, the catches have fluctuated greatly. The numbers of FADs, FAD fishermen and fishing days have been relatively stable during this period. Figure 11 indicates the variation in yellowfin (> 10 kg) catch at four south Okinawa's FCs. The yellowfin catch, which dominates the catch from Okinawan FADs, was about 600 to 1,300 mt/year. This is pretty small compared with the total yellowfin catch (mostly by purse seining and longlining) of 312,000-460,000 mt/year in the Western and Central Pacific (Lawson, 1999).

Figure 11
Monthly catch of yellowfin (>10 kg) in south Okinawa.



Economic impact

Fleet characteristics and technological impact

There are two types of FAD fishing boats: "Wasen" (fig. 12) and "Sabani" (fig. 13). It has been more than 15 years since FAD fisheries have become widespread, so the fishermen in every FC have had a chance to devise a variety of fishing methods. The major fishing methods are: a) trolling; b) jumbo trolling (Désurmont, 1996); c) marlin trolling (with live baits); d) drift-line; e) drop-stone; f) drift-flag; g) pole-and-line; h) underwater-torch-fishing. Method "a" is mainly targeting smaller yellowfin, wahoo and dolphinfish, "b, d, e, f" are mainly for larger yellowfin, "c" is for blue marlin, "g" is mainly for skipjack, and "h" is mainly for bigeye. Some of the methods are illustrated in figure 14.

Scale of the fisheries

The FAD fisheries have developed into one of the major fisheries in Okinawa. According to the statistics from the ODA, annual production is 2,500 to 4,000 mt, which is 17-27% of the total coastal fisheries production. The economic value is around 1.2 to 2.0 billion yen (10-18% of the total). If we assume annual FAD catch as 3,000 mt and average number of FADs at sea as 150, then average annual catch per FAD is around 20 metric tons. The number of the FAD fishing boats is about 1,000, which is 25% of the total coastal fleet of 4,000 (including vessels involved in aquaculture). Most of the FAD fishing boats are small, less

Figure 12
"Wasen"



Figure 13
"Sabani"



than 5 t (about 10 m), and are usually operated by one person. So, the number of FAD fishermen is slightly greater than the number of the fishing boats.

We observed a maximum of 24 boats fishing at one FAD. The more fish aggregate at a FAD, the more fishing boats gather there. However, too many fishing boats can cause difficulties of fishing operations. In FAD fisheries, the catch per boat per day (CPUE) does not always reflect the abundance of fish schools because a FAD with good fish aggregation attracts more fishing boats. Nevertheless, the CPUE is still good information for the fishery's development. The combined CPUE of five FCs (for 389 fishing boats) in 1994 (a bad catch year) and in 1995 (a good catch year) was 73 kg/day per boat (tab. 5).

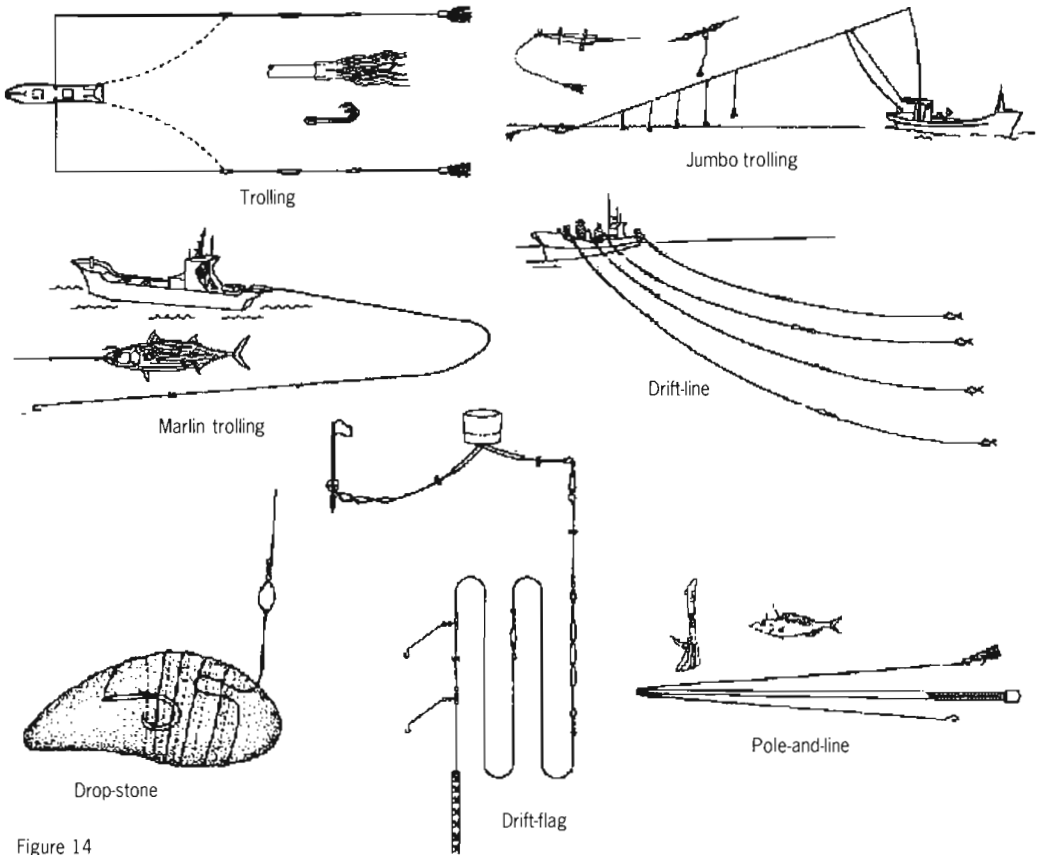


Figure 14

FAD fishing gears and methods.

Source: Fishing gear and methods of coastal fishery in the southern waters. Fishing gear and methods in Okinawa Prefecture. Overseas Fisheries Cooperation Foundation, 1988.

Table 5 - CPUE at five FCs in 1994 and 1995. CPUE: Catch (kg)/day/boat.

FC	Itoman		Minatogawa		Chinen		Okinawa-shi		Kumejima		Total
Nb of boats	91		48		75		36		139		389
Year	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	
CPUE	119	150	65	92	60	91	72	74	30	30	73

Fishing practices in terms of distance, transit times

Most of the FADs are within 2 or 3 hours from the home ports. Consequently, FAD fishing is usually one-day fishing. However, Nirai and Jamarc FADs are often quite far away. The fishermen occasionally visit these FADs with 2 or 3-day trips when their own FADs do not aggregate much fish.

Conflict management and sport fishing

Conflict management

Because the FADs aggregate a lot of fishes, there were conflicts among FAD fishermen about the deployment and the use of the FADs since the

early stages of the FAD projects. Consequently, the Okinawa Marine Zone Fisheries Regulation Committee (OMZFRC) divided Okinawan waters into four zones, namely North, Southwest, Southeast, and Miyako-Yaeyama. This agency now annually regulates the number of the FADs in each zone.

Longline fishermen and FAD fishermen also had conflicts on the use of offshore fishing grounds. Therefore, after negotiations, FAD fishermen agreed to deploy FADs within about 20 nautical miles off the coasts. More serious conflicts were the ones between Okinawan fishermen and the other prefectures' pole-and-line fishermen who traditionally caught skipjack and small yellowfin in Okinawan waters, prior to the FAD fisheries. The fishing boats of the other prefectures are far bigger than Okinawan boats and could catch most of the fish aggregated with FADs when sea condition is too rough for Okinawan small boats.

The Japanese fisheries law does not have explicit regulations regarding these conflicts. Therefore, representatives of both groups talked about this problem and agreed that both groups deploy their own FADs separately and use them separately. The conflicts seemed to calm down but many Okinawan fishermen still have complaints about the fishing activities at their FADs by boats from other prefectures.

Many FCs have their own rules on FAD use. For example, one FC restricts mooring to FADs, controls trolling operations (you should always move around a FAD clockwise), restricts the use of wire fishing gears, etc. In this FC, FAD fishermen have to pay a 20,000 yen annual fee and two percent of their catch sales to maintain their FADs.

Sport fishing

Generally, FADs belonging to FCs are supposed to be fished only by the members of the FCs. Recently, however, sport fishing at FADs has become popular. The majority of the FAD fishermen probably have some complaints about the sport fishermen. For instance, they do not follow the rules on FAD use; they use too much chum; they use better fishing gears; they cause an oversupply of fish resulting cheaper fish prices at the markets. (They seldom sell fish. They, however, provide fish for potential customers.)

Sport fishing may have great potential to influence the further development of FADs and FAD fisheries. To date, the total number of Okinawan commercial fishermen is about 5,000 while the number of sport fishermen is reportedly about 150,000. And, since the charter fee that can be charged for sport fishing at FADs can be quite high, a fisherman could receive greater income if he takes sport fishermen to FADs than he could from selling the average daily commercial catch.

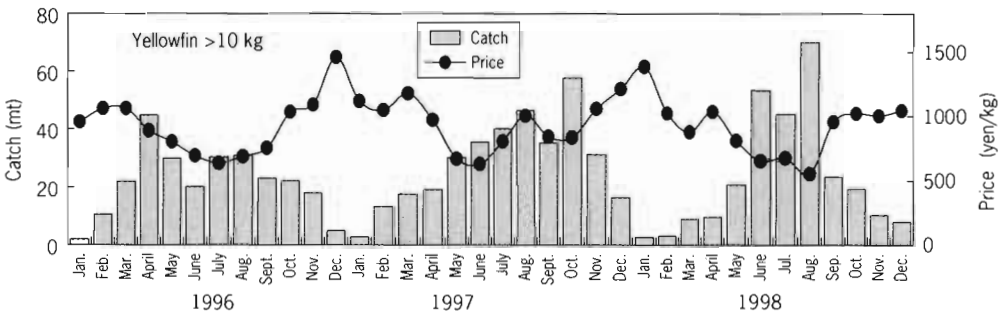
Game fishing targeting blue marlin has also become popular (Kakuma, 1998). The availability and size of blue marlin is said to be as good or better than in Hawaii. Consequently, the sport fishing could make a contribution to tourism, the biggest industry in Okinawa.

Marketing considerations

The most serious problem with marketing FAD fish is, probably, “yake” (burned meat). The yake is degraded fish meat caused by high meat temperature and low meat pH incurred during fishing operations. Because of this, the fish may be auctioned at very low prices (often one third to one fifth of normal prices). Tuna caught by longline tend to be free from yake. This suggests that the deeper, cooler water temperature or longer cooling period before hauling could reduce the yake phenomenon. A variety of methods to avoid yake, such as bleeding, cooling, or quick killing have been tried. According to some fishermen, some of the methods actually worked well. Nonetheless, there has been no method that works well in all occasions.

Low prices caused by occasional oversupply are another major problem. Middle to large-size yellowfin command higher prices. The annual average prices in southern Okinawa’s four markets between 1989 and 1998 ranged between 660 to 1,100 yen per kilogramme. These prices are correlated to the catches; the greater the catches, the lower the prices. Figure 15 shows the monthly catches and prices of yellowfin.

Figure 15
Monthly catches and prices of yellowfin (>10 kg).



The marketing of small tuna is a serious problem. The price for yellowfin (>10 kg) in 1998 averaged 700 yen/kg, smaller (< 10 kg) yellowfin was 280, skipjack was 320, blue marlin was 630, dolphinfish was 220, wahoo was 290, and albacore was 280. In Irabu, a small remote island, the prices were about 70% of the prices of south Okinawa.

Better quality, larger-size tuna often go to mainland Japan markets, while lesser quality, smaller size tuna are consumed locally. Consequently, the fishermen do not intentionally target these cheaper fishes. If larger yellowfin are not abundant at the FADs, the fishermen will catch the cheaper fishes.

Prospects

We will monitor the catch of FAD fisheries at 23 FC's markets in Okinawa.

According to a recent prefectural fisheries development plan, a total of 14 nirai will be deployed and maintained by 2001. The other, smaller FADs, will be maintained by the FCs with or without local government subsidies.

We will soon be included within a regional management system for the Western and Central Pacific tuna stocks. A task of great importance for the future will be how to incorporate the Okinawa's FAD fisheries into this international system.

Bibliographic references

Cusack P., 1996. Two FAD systems recommended by SPC. SPC Fish Aggreg. Device Inf. Bull., 1, 10-15.

Désurmont A. (ed.), 1996. Jumbo trolling. SPC Fish Aggreg. Device Inf. Bull., 2, 16-18.

Kakuma S., 1998. Gamefish tournaments and FAD fisheries in Okinawa, Japan. A paper presented at the Symposium on Pacific Island Gamefish Tournaments, Kailua-Kona, Hawaii, 29 July-1 August 1998, 4 p.

Lawson T.A. (ed.), 1999. Secretariat of the Pacific Community Tuna Fishery Yearbook 1998. Oceanic Fisheries Programme, SPC, Noumea, New Caledonia, 155 p.

The development of the purse seine fishery on drifting Fish Aggregating Devices in the Eastern Pacific Ocean: 1992-1998

Cleridy E. Lennert-Cody, Martin A. Hall

Inter-American Tropical Tuna Commission, 8604 La Jolla Shores Drive,
La Jolla, CA 92037-1508, USA - clennert@iattc.org

Abstract

Since the early 1990s, drifting Fish Aggregating Devices, or FADs, have rapidly become the dominant type of floating object used by the purse seine fishery in the Eastern Pacific Ocean to capture tunas. The development of this fishery for larger vessels is described using data collected by observers aboard vessels of more than 363 metric tons fish-carrying capacity. Bamboo rafts, equipped with radio-transmitters that allow for semi-continuous monitoring, are typically used as FADs. Old purse seine netting is often suspended below the bamboo raft to give the FAD an enhanced underwater profile. Similar to the fishery on flotsam between 1992-1998, most sets on FADs were made before 8 am, with skipjack and bigeye being the dominant tuna species caught, and yellowfin tuna captured in lesser amounts. Discard ratios of skipjack and bigeye were comparable for the two modes of fishing; however, the success rate on FADs for bigeye was more than twice that on non-FAD floating objects ("logs"). In addition, the fishery on logs was largely a coastal fishery, while the fishery on FADs extended west to 150°W, into areas that had not been significantly utilized by the purse seine fleet. The capture of tunas per set varied most with area, season and year. Nonetheless, capture per set for at least one of the three tuna species was also found to vary with the depth of the purse seine net and the amount of the netting hanging below the FAD. The effect of net depth and FAD depth on tuna capture varied by area, season and FAD color.

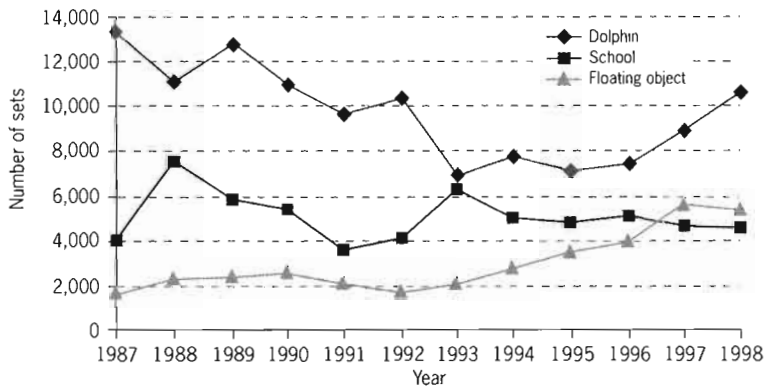
Introduction

The Eastern Pacific tuna purse seine fishery replaced the baitboat fishery in the late 1950s to more effectively exploit yellowfin (*Thunnus albacares*), skipjack (*Katsuwonus pelamis*), and bigeye (*Thunnus obesus*) tunas. There are three main methods of detecting tuna schools that lead to three types of sets (a set is the operation of deploying the net around a school). A school of tunas may be detected by evidence of its presence on the surface of the water ("school set"; Scott, 1969; Hall *et al.*, 1999a). Schooling tunas, primarily yellowfin tuna, may be detected in association

with dolphin herds (“dolphin set”), particularly spotted (*Stenella attenuata*), spinner (*S. longirostris*) and common (*Delphinus delphis*) dolphins (Perrin, 1968; Anon., 1989; Hall *et al.*, 1999a). Schools of tunas may also be found associated with floating objects (Greenblatt, 1979; Hall *et al.*, 1999a). Floating objects include parts of trees, plant material, human-originated flotsam and FADs (Greenblatt, 1979; Hall *et al.*, 1999b). We define a FAD to be any floating object that has been constructed or modified by fishermen.

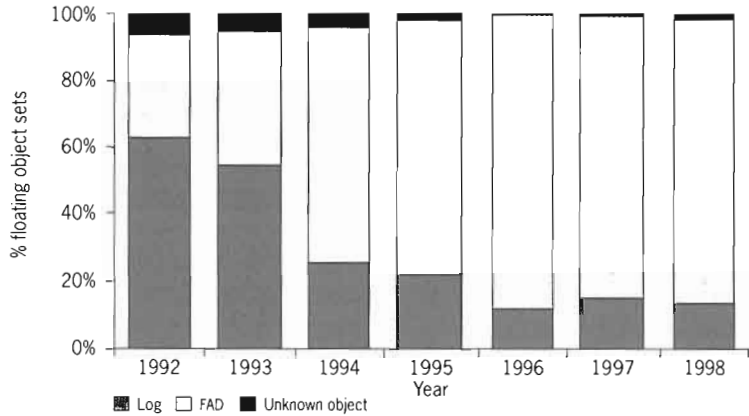
In the late 1980s, the fishery on floating objects in the Eastern Pacific Ocean (EPO) was a coastal fishery, based mostly on natural objects (e.g., tree trunks, kelp patties) and on human-originated flotsam coming from coastal cities and shipping lanes (e.g., wooden pallets, tires) (Greenblatt, 1979; Hall *et al.*, 1999b). Between 1987 and 1990, less than 10% of the observed sets on floating objects were FAD sets (Hall *et al.*, 1999b). Floating objects encountered at sea were typically modified by fishermen and then redeployed as FADs. In contrast to FAD fisheries in other oceans which utilize anchored FADs (Aprieto, 1991; Polovina, 1991; Cayré, 1991), only drifting FADs have been routinely used by the fishermen in the EPO. Since 1992, there has been an almost three-fold increase in the number of sets on floating objects by vessels with greater than 363 metric tons (mt) fish-carrying capacity, whereas the number of dolphin and school sets made by larger vessels did not show the same overall trend (fig. 1). The composition of floating object sets during this time period changed from approximately 30% FAD sets in 1992 to over 80% in 1998 (fig. 2).

Figure 1
Total number of sets by set type for vessels with more than 363 mt fish-carrying capacity, 1987-1998.



In this paper, we describe the FAD fishery in the EPO from 1992 through 1998 for large vessels, including tonnage of tunas captured (tonnage of fish encircled with the purse seine net), spatial distribution of sets, percentage discards of tuna species, tuna captures in repeated sets on the same FADs and length-frequency distributions of the tunas landed. We also explore variability in capture per set of the three target species of tunas due to area, season and characteristics of the FADs.

Figure 2
Percentage of floating objects sets that were FAD sets, log sets and unknown floating object sets for vessels with more than 363 mt fish-carrying capacity, 1992-1998.



Data sources

Most of the data presented in this paper were collected by observers of the Inter-American Tropical Tuna Commission (IATTC) aboard vessels of the international purse seine fleet with fish-carrying capacity of more than 363 mt in the EPO. From 1992 to 1998, over 85% of the floating object sets made by such vessels were observed by IATTC observers, and, for over 95% of these sets, data were recorded about the characteristics of the floating objects. The number of floating object sets observed by IATTC observers aboard larger vessels, by year, were 1,542 (1992), 2,025 (1993), 2,614 (1994), 3,227 (1995), 3,908 (1996), 5,439 (1997), and 5,346 (1998). Length-frequency data were collected by IATTC staff at the time of vessel unloading (Tomlinson *et al.*, 1992). These data represent predominantly larger vessels. Estimated length frequencies were computed from the observed distributions of sizes by weighing the estimated catch. The total number of sets, by set type, for larger vessels were computed using both IATTC observer data and data collected by observers of the Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y Protección de Delfines of Mexico aboard Mexican-flag vessels.

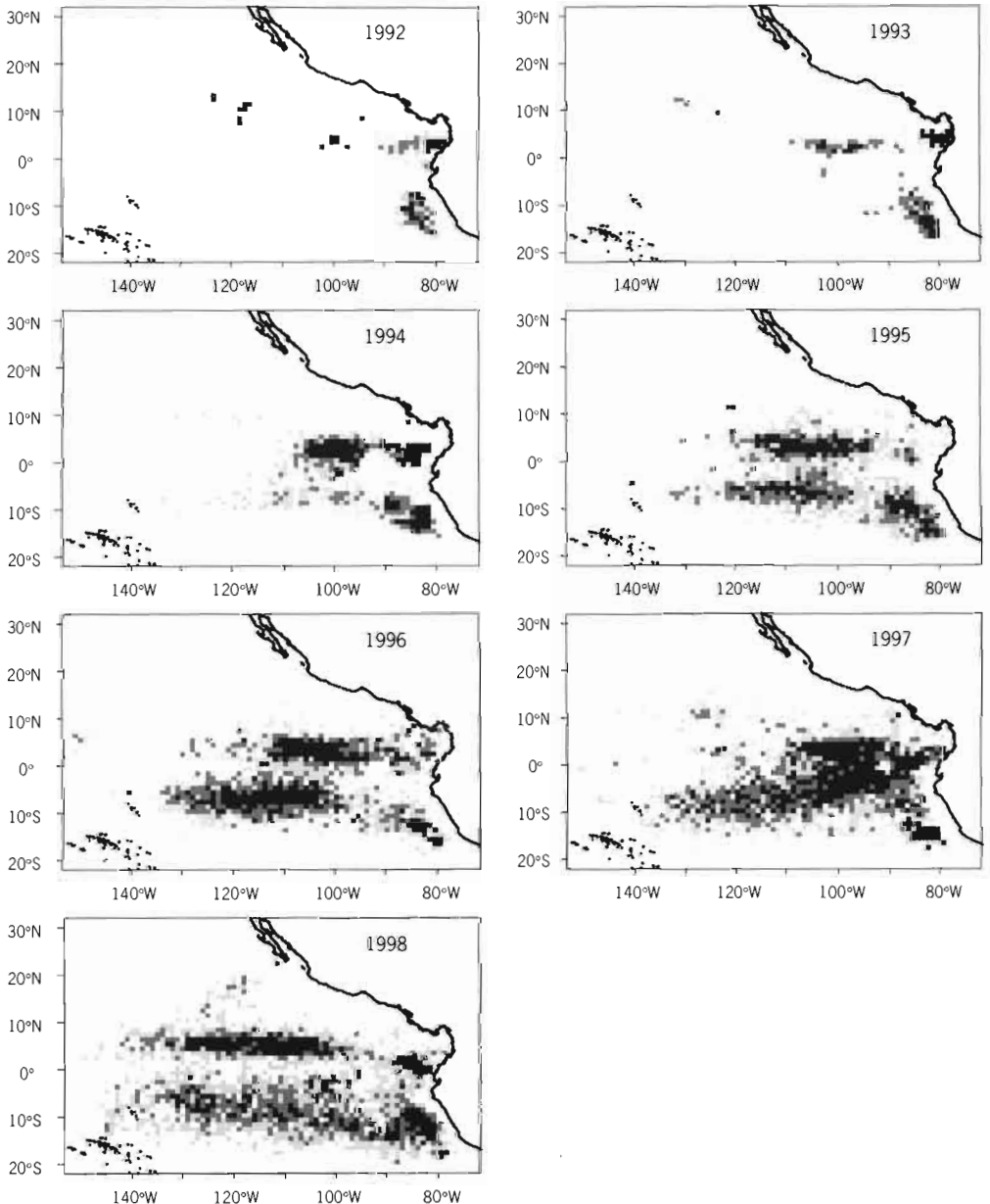
Tons of tuna captured were used in all analyses of tuna catch. We have used tons of tunas captured, as opposed to tons of tuna loaded into the vessels' wells, because we believe that capture better reflects the effect of the fishery on the environment. Loaded weights are not only a function of the capture, but also market prices, species composition, fish size and perhaps vessel carrying capacity. The difference between capture and loaded weights is the amount of tuna discard. Discards primarily represent tonnage of tunas returned to the ocean; however, some "discards" can be fish that were given to another vessel. In 1997, IATTC observers began recording the fate of all discards. All weights were estimated by the observers and are therefore subject to error. We use the tuna species identification made by the observers without correction; the data presently available allow us to verify or correct species identifications on a per-set basis. Methods

to improve species identification, particularly of yellowfin and bigeye tunas, are currently being explored.

The FAD fishery

From 1992 to 1998, the purse seine fishery on FADs expanded from a largely coastal fishery to 150°W longitude on both sides of the equator (fig. 3), an area that had not been significantly utilized previously (Watters, 1999). The expansion of the FAD fishery at low latitudes and west of the Galapagos Islands began around 1994.

Figure 3
Number of FAD sets by year
by 1° square, for 1992-
1998. Light gray: 1-2 sets;
intermediate gray: 3-5 sets;
black: ≥ 6 sets.



Since 1995, FAD sets have been made predominantly in two latitudinal bands: one band extends along $\sim 2^{\circ}$ - 7° N, the other band extends along $\sim 4^{\circ}$ - 10° S. However, inter-annual variability in the spatial distribution of FAD sets is evident (fig. 3), possibly influenced by the El Niño conditions present in 1997. The spatial distribution of FAD sets also varied seasonally. Within the two latitudinal bands, most FAD sets (78%) made north of 0° occurred in the latter half of the year, and most FAD sets (90%) made south of 0° between the Galapagos and the coast occurred in the first half of the year. FAD sets made west of the Galapagos and south of 0° were more uniformly distributed throughout the year. Log sets overlapped spatially with FAD sets predominantly in the coastal areas of the Panama Bight and offshore of Peru (fig. 4). In contrast, dolphin sets were made predominantly north of 5° N, with the majority of sets occurring between 7° and 15° N, and school sets were made predominantly in coastal areas off Mexico, Colombia and Ecuador (fig. 5).

Figure 4
 Number of FAD sets and log sets by 1° square, pooled for 1992-1998.
 Light gray: 1-5 sets;
 intermediate gray: 6-20 sets;
 black: ≥ 21 sets.

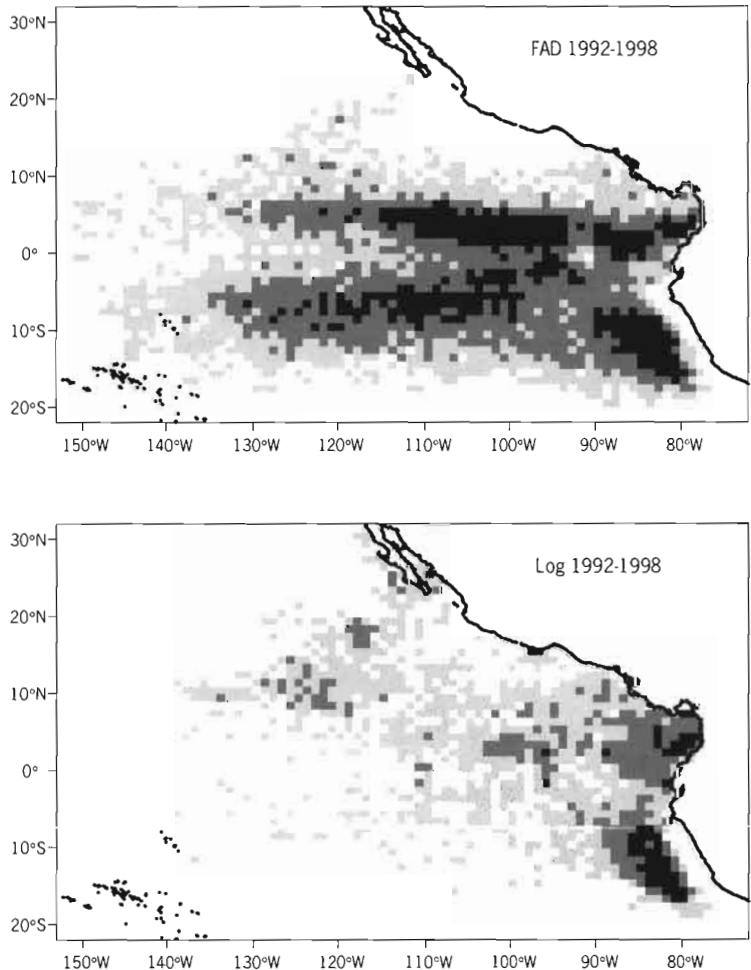
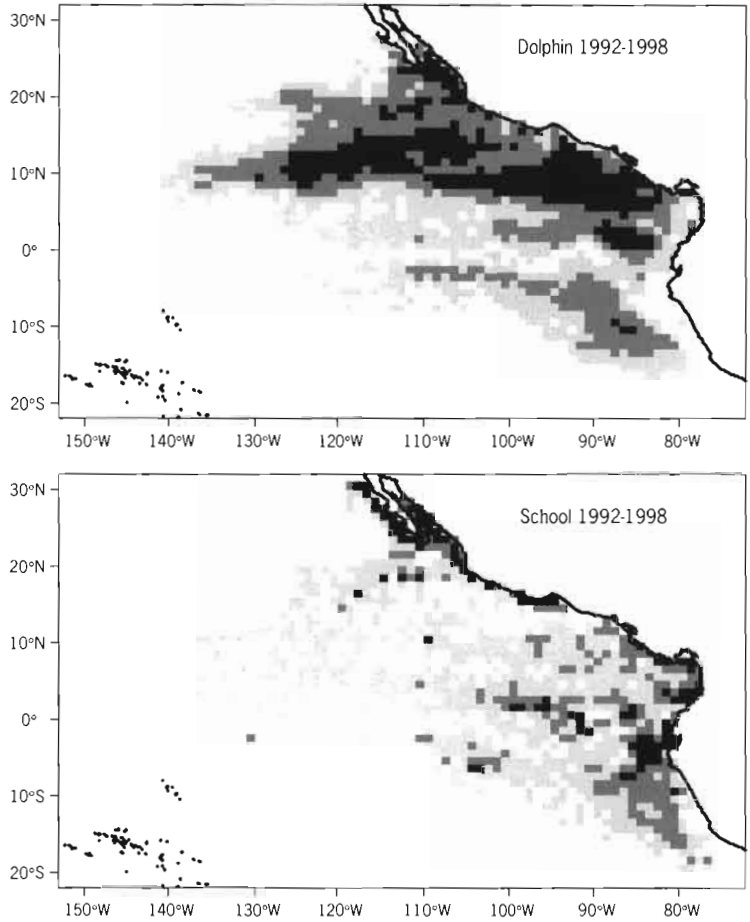


Figure 5
 Number of dolphin sets and school sets by 1° square, pooled for 1992-1998. Light gray: 1-10 sets; intermediate gray: 11-50 sets; black: ≥ 51 sets.



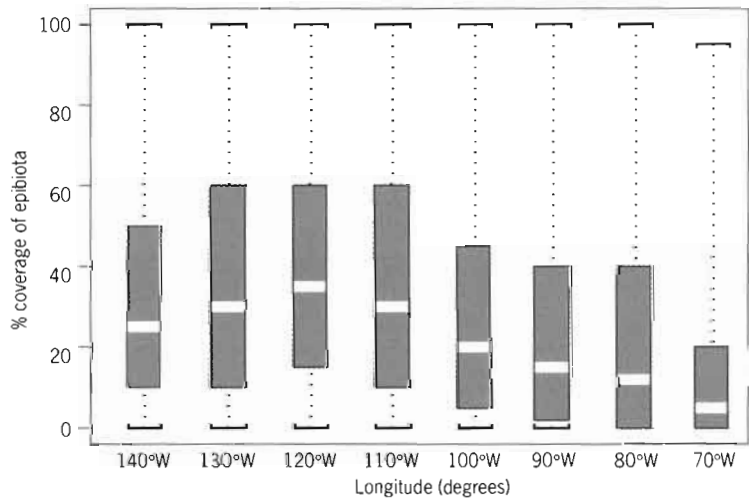
The majority of sets on FADs occurred during the early morning, as was the case with sets on logs (tab. 1). Most FAD sets (77%) occurred between 5 am and 8 am, possibly because the association of tunas with floating objects may be stronger during the night, and the schools leave the floating objects at sunrise. In contrast, most dolphin and school sets occurred after 7 am, and the numbers of these types of sets remained relatively high into the late afternoon.

Table 1 - Number of sets by time of day (hour, local time) for each type of purse seine set. Data are pooled for 1992-1998.

Hour	Dolphin	School	Log	FAD
≤4	0	42	6	19
5	6	88	508	3170
6	488	648	1419	8975
7	2436	1577	514	2184
8	4088	1800	346	704
9	4457	1964	363	676
10	4097	2023	354	703
11	3630	2113	347	576
12	3704	2010	323	475
13	3790	2147	282	386
14	4064	2130	260	271
15	4390	1930	191	187
16	4696	1964	146	100
17	2603	1774	66	58
18	403	836	22	12
≥19	16	148	0	4

FADs can be constructed out of many types of materials, but currently most FADs are bamboo rafts. These FADs frequently have a piece of old netting hanging from the raft, and in many cases, a bucket containing fish scraps is suspended below the raft. FADs frequently carry radio-transmitters, or occasionally satellite transmitters, that allow for monitoring of their location. Black (72%) and brown (18%) were the most common FAD colors, due to the netting hanging from the FAD and the presence of fouling organisms. For approximately 50% of FADs, epibiota covered 20% or less of the FAD, with the percentage coverage generally greater for FADs drifting further offshore (fig. 6). The median depth of netting below the raft was 16 m, with 90% of FADs extending

Figure 6
Percentage of the FAD covered with epibiota versus longitude, by 10° longitude bins. White bars show the median percentage coverage, gray boxes the inner-quartile range, and the whiskers the full range of the data.



less than 27 m below the surface. The depth of the FAD below the surface was found to be positively correlated with the longest dimension of the FAD (Spearman's rank correlation coefficient = 0.98, p-value <0.01), suggesting that FADs are typically constructed to emphasize the subsurface profile.

The increase in the number of FAD sets between 1992 and 1998 had the greatest effect on the distribution of bigeye catches among set types. The percentage of the total capture of yellowfin tuna in sets on FADs increased from 2% in 1992 to 9% in 1998; the majority of yellowfin capture occurred in dolphin sets (fig. 7). For skipjack tuna, the change was much more pronounced. Capture of skipjack went from 23% in 1992 to 73% in 1998, at the expense of skipjack captures in school and log sets (fig. 8). Even more significant, in relative terms, was the change in bigeye captures in FAD sets, which increased from 11% in 1992 to 92% in 1998 (fig. 9). Very little skipjack or bigeye tuna was captured in dolphin sets.

FAD sets had the greatest success rate for skipjack and bigeye tunas, as compared to other set types (tab. 2). We define a successful set for a particular tuna species as one that captured at least one metric ton of that species. The percentage of successful FAD sets for yellowfin ranged from 49 to 69% between 1992 and 1998, similar, but slightly less than that on logs sets and well below the success rate on dolphin sets. On the other hand, the percentage of successful FAD sets for skipjack ranged from 83 to 89%, consistently above the success rate for skipjack on log

Figure 7
Percentage of yellowfin tuna captures by purse seine set type for 1992, 1994, 1996 and 1998. Percentages are based on IATTC observer data, adjusted for observer coverage. Estimates of total yellowfin capture (mt) per year: 214,613 (1992); 198,972 (1994); 214,148 (1996); 227,648 (1998). "Unk. obj." refers to sets on floating objects where it could not be determined if the object was a FAD or a log.

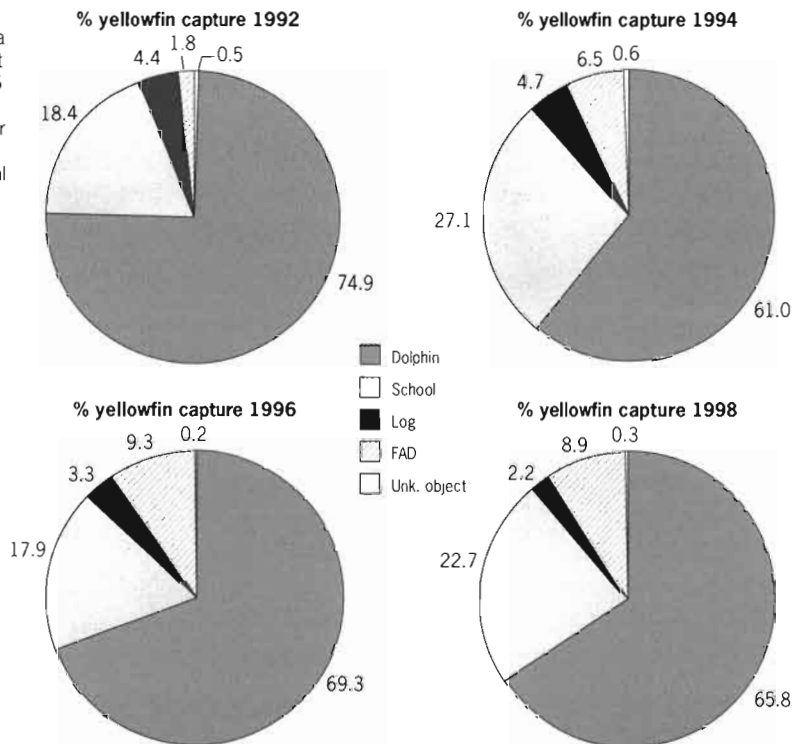
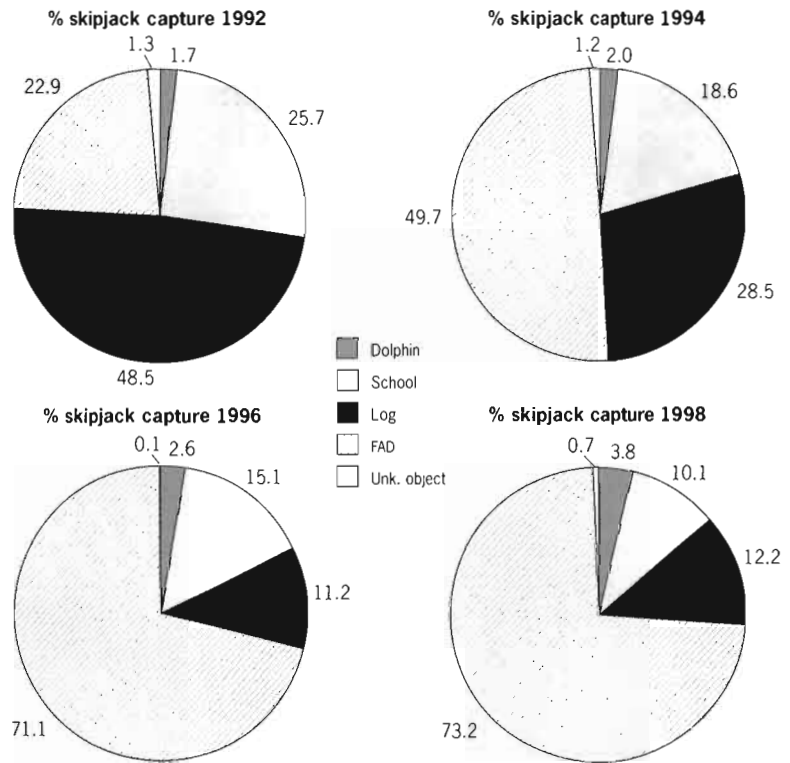


Figure 8

Percentage of skipjack tuna captures by purse seine set type for 1992, 1994, 1996 and 1998. Percentages are based on IATTC observer data, adjusted for observer coverage. Estimates of total skipjack capture (mt) per year: 64,754 (1992); 73,333 (1994); 108,071 (1996); 140,510 (1998). "Unk. obj." refers to sets on floating objects where it could not be determined if the object was a FAD or a log.

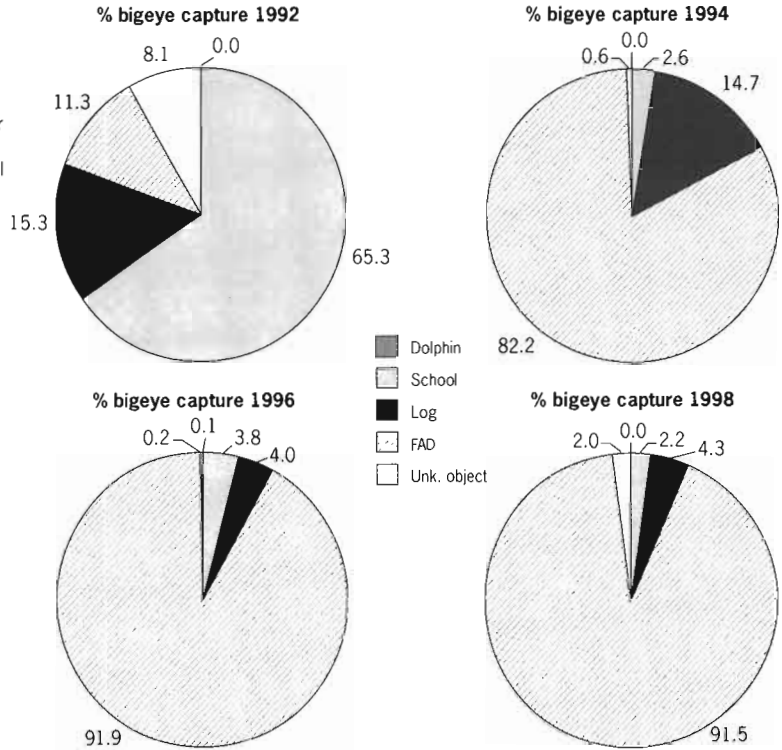


sets of 66 to 76%, and more than twice the success rate for skipjack on dolphin and school sets. The percentage of successful FAD sets for bigeye has increased from 9% in 1992 to 64% in 1998. The percentage of successful logs sets for bigeye shows some increase over the same time period, but has remained less than 25 per cent.

Table 2 - Percentage of successful sets per year and set type, for yellowfin, skipjack and bigeye tunas. The numbers of sets on which these percentages are based are shown in parentheses in the yellowfin sub-table.

Year	Dolphin	School	Log	FAD
Yellowfin tuna				
1992	83 (6,724)	42 (2,933)	66 (945)	69 (522)
1994	89 (5,350)	53 (3,662)	60 (709)	54 (1,830)
1996	88 (5,833)	42 (2,960)	55 (484)	49 (3,404)
1998	89 (8,018)	46 (3,217)	52 (663)	55 (4,588)
Skipjack tuna				
1992	3	25	76	84
1994	3	19	69	83
1996	6	31	66	87
1998	11	18	74	89
Bigeye tuna				
1992	< 1	5	6	9
1994	< 1	1	16	46
1996	< 1	4	20	66
1998	< 1	2	24	64

Figure 9
 Percentage of bigeye tuna captures by purse seine set type for 1992, 1994, 1996 and 1998. Percentages are based on IATTC observer data, adjusted for observer coverage. Estimates of total bigeye capture (mt) per year: 5,583 (1992); 30,843 (1994); 58,070 (1996); 41,623 (1998). "Unk. obj." refers to sets on floating objects where it could not be determined if the object was a FAD or a log.



The ratio of discards to capture for tunas caught in FAD sets was greatest for yellowfin and skipjack (tab. 3). Approximately 10 to 23% of yellowfin captured on FADs were discarded, as were 15 to 29% of the skipjack and 7 to 12% of the bigeye. The discard rates were similar to those for log sets, but generally more than those from school and dolphin sets, although dolphin sets capture almost no bigeye (tab. 3; fig. 9).

Table 3 - Percentage of tons of tunas discarded per year and set type for yellowfin, skipjack and bigeye in successful sets.

Year	Dolphin	School	Log	FAD
Yellowfin tuna				
1992	0.52	5.36	16.54	22.78
1994	0.57	1.33	18.83	14.44
1996	0.67	2.41	13.04	18.62
1998	0.38	1.42	19.60	10.31
Skipjack tuna				
1992	5.76	11.43	17.69	15.31
1994	2.07	6.15	16.06	18.32
1996	7.19	4.45	17.65	29.02
1998	0.76	10.93	20.23	17.21
Bigeye tuna				
1992	<0.01*	4.66	10.29	12.46
1994	14.29*	7.95*	7.99	8.02
1996	<0.01*	1.12	9.22	10.28
1998	<0.01*	1.55	9.23	7.01

* indicates fewer than 50 sets.

Capture per set in repeated sets on the same FAD showed depletion that persisted for over 10 days. Whenever observers were able to identify a FAD or a log, they recorded all repeated sets on the object by the particular vessel. Although it was not possible to know whether other vessels were also setting on the same floating object, these data provide some information on the frequency of repeated sets and their catches. As compared to 1992, when over 57% of the sets on FADs were repeated sets on the same FAD, most FADs since 1995 were set on only once, with repeated sets accounting for less than 25% of the FAD sets (tab. 4). Most repeated FAD sets (70-80%) were made before 8 am, similar to the distribution of all FAD sets. Although most repeated sets were made in the early morning, they were not necessarily made one day apart (tab. 5). Fifty per cent or less of second sets were made within one day of the first set. Only twenty per cent or less of fifth sets were made within five days of the first set. For FADs that were set upon at least three times, with the first sets a successful set (≥ 1 mt of yellowfin or skipjack or bigeye captured), capture per set in repeated sets for all three species of tunas showed a decrease with time for at least ten days after the first set (fig. 10). During this 10-day period, 60-70% of third sets, 50-60% of fourth sets and approximately 50% of fifth sets had been made (tab. 5).

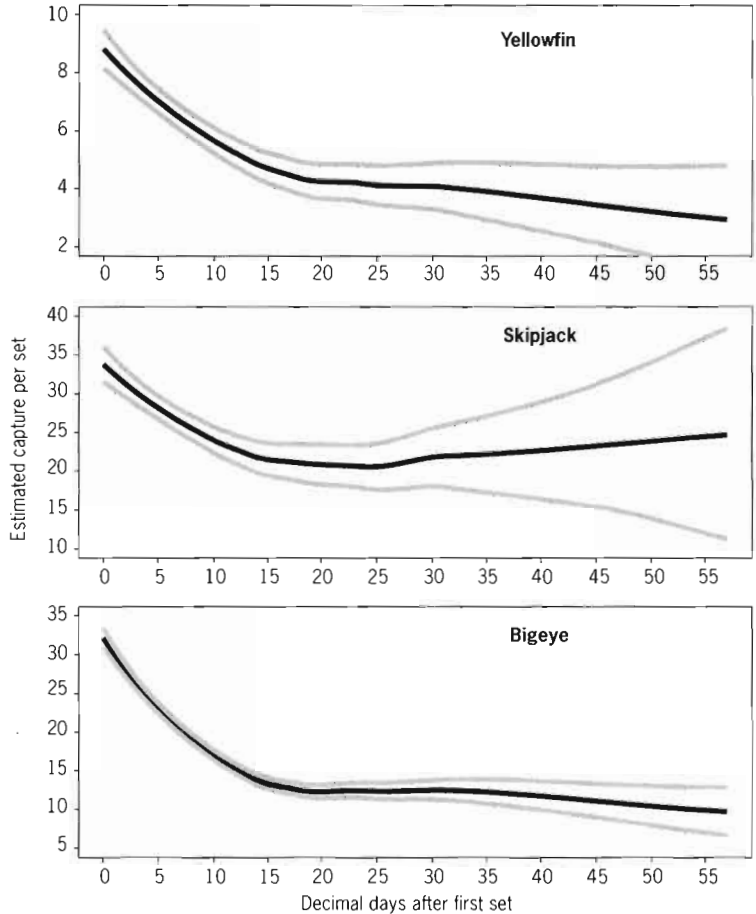
Table 4 - Percentage of log and FAD sets that were first sets (1) and repeated sets (2 = second set, 5 = fifth set, ≥ 5 = sixth and greater sets) on the same FAD, per year.

	1	2	3	4	5	> 5
1992						
Log	80.4	11.9	4.0	1.9	0.9	1.0
FAD	42.9	33.7	14.0	4.8	2.1	2.5
1994						
Log	80.7	13.1	3.4	2.1	0.4	0.3
FAD	62.0	23.4	9.1	3.4	1.2	0.9
1996						
Log	80.0	13.6	4.3	1.2	0.4	0.4
FAD	79.2	14.9	3.4	1.2	0.5	0.7
1998						
Log	83.3	9.8	4.1	1.5	0.8	0.6
FAD	76.8	16.4	4.9	1.1	0.5	0.3

Table 5 - Quantiles (0.1, 0.9) of the distribution of decimal days since the first set on a given FAD, by repeated set number (2 = second set, 5 = fifth set). Data were pooled for years 1992-1998. Min. = minimum, Max. = maximum.

	Min.	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	Max.
2	0.08	0.67	0.88	1.0	1.0	2.0	3.05	5.43	8.98	13.95	37
3	0.21	1.69	2.04	3.27	5.0	7.0	9.21	13.96	18.96	25	57
4	0.92	2.67	3.79	5	6.88	8.92	11	13.04	20.62	28.96	53.04
5	2.0	3.92	5	6.97	9.02	10	12.4	16.13	18.43	27.2	46.12

Figure 10
 Capture per set in repeated sets on the same FAD. Shown are smoothed fits of capture per set to the number of decimal days since the first set. Black lines show the smoothed estimate, gray lines show the point-wise 95% confidence intervals. Data are for FAD sets with ≥ 3 repeat sets on the same FAD where the first set yielded a catch of tunas of more than 1 metric ton. Only FAD sets made within the equatorial band outlined by the sum of the 8 areas shown in figure 16 were included in the analysis. A total of 899 "different" FADs were available for this analysis (see Discussion for problems with FAD identification). Smoothed fits were computed using generalized additive model techniques (locally-weighted moving line with a smoothing parameter of 0.9 and assuming a gamma distribution, log link, for capture per set).



The length-frequency distributions of tunas caught on floating objects at low latitudes (areas 7, 9-12 in fig. 11) between 1994 and 1998 show a mode between 40 and 50 cm for all three species (fig. 12). For skipjack there is the suggestion of a second peak in length at 68 cm that is not apparent for the other species. By area, these larger fish were caught most often along the equator between 95°W and 110°W (fig. 13), an area that yielded mostly small bigeye (fig. 14). School sets made at low latitudes yielded smaller bigeye, but larger yellowfin than floating object sets (fig. 15). The larger yellowfin (> 115 cm) were caught predominantly south of 0° , between 90°W and 110°West . However, of the three types of purse seine sets, dolphin sets typically yield the greatest percentage of yellowfin of more than 100 cm length (Hall *et al.*, 1999a). Although, we are currently unable to separate length-frequency data by type of floating object, the spatial distribution of FAD sets as compared to that for log sets between 1992 and 1998 (fig. 4) suggests that most of the floating object sets made at low latitudes were FAD sets.

Figure 11
Map of the EPO showing sampling areas for tuna length-frequency data. Only length-frequency data from measurement areas 7, and 9-12 are presented.

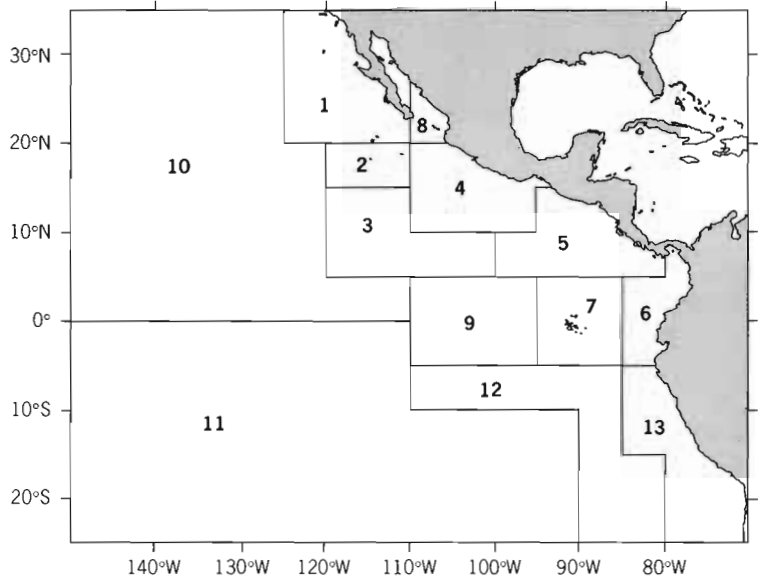


Figure 12
Length-frequency distributions of yellowfin, skipjack and bigeye tunas caught on floating-object sets. Data were pooled for years 1994-1998.

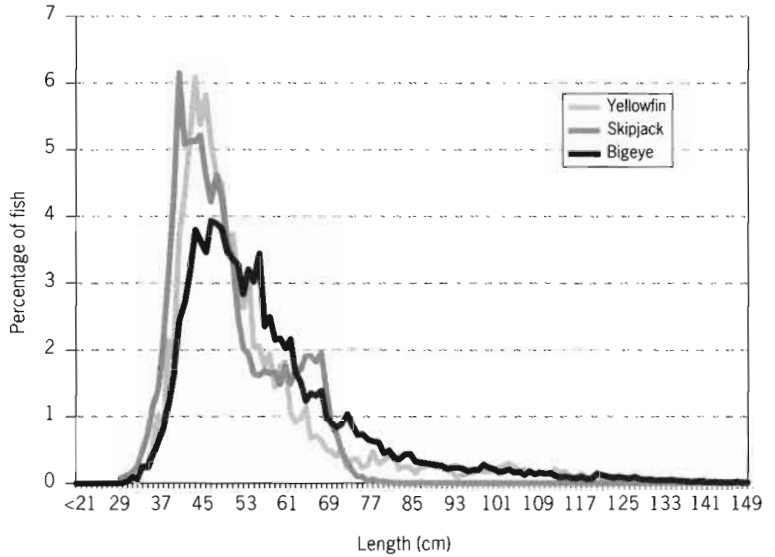


Figure 13
 Length-frequency distributions of skipjack tuna caught on floating object sets, by area (see figure 11 for areas). Data were pooled for years 1994-1998.

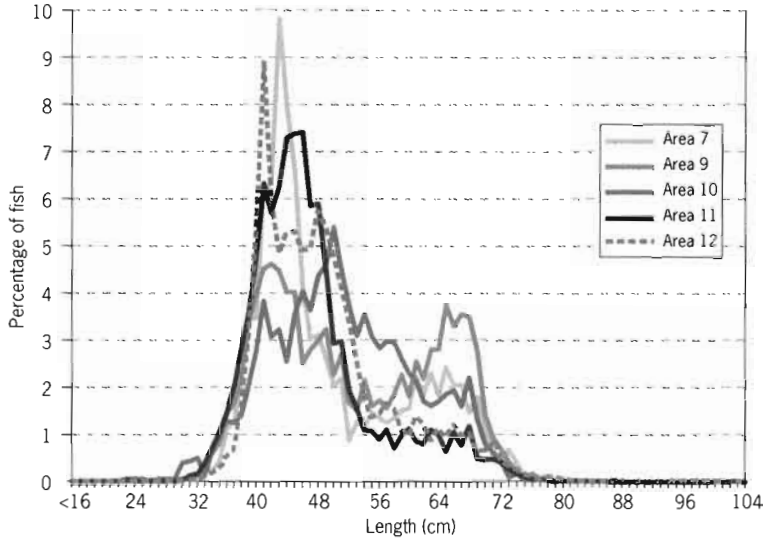


Figure 14
 Length-frequency distributions of bigeye tuna caught on floating object sets, by area (see figure 11 for areas). Data were pooled for years 1994-1998.

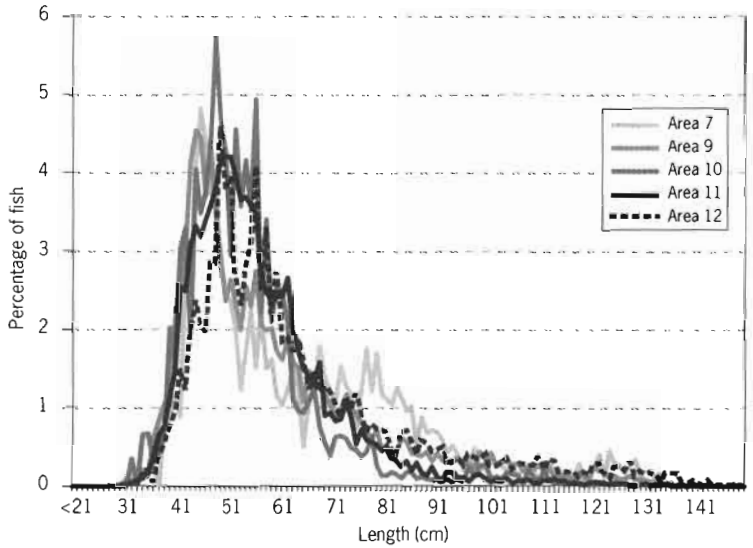
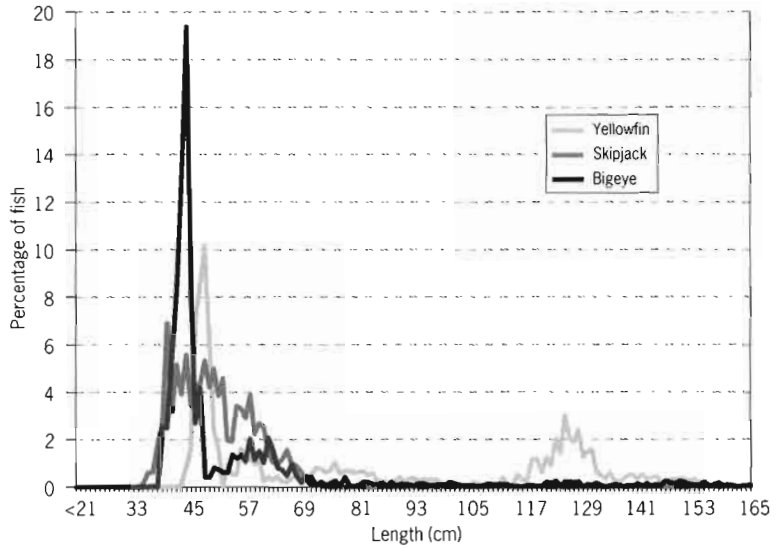


Figure 15
Length-frequency
distributions of yellowfin,
skipjack and bigeye tunas
caught on school sets.
Data were pooled for years
1994-1998.



Tuna capture per set on FADs

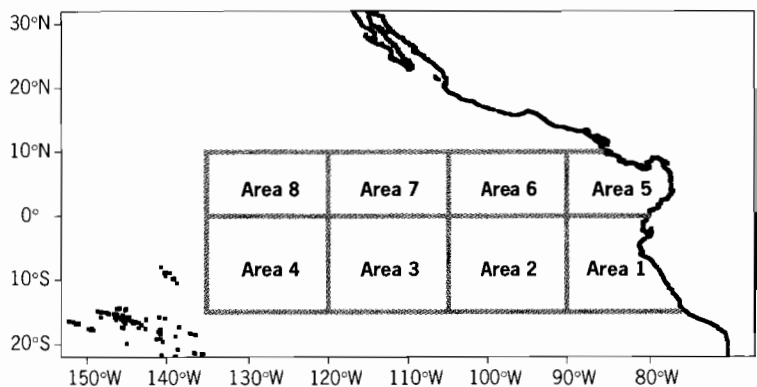
The relative contribution of location, season and FAD characteristics to variability in tuna capture per set on FADs was explored by studying factors affecting the probability of making a successful set (p) and capture per successful set (CPSS) for each species. As has been done in other catch studies (e.g., Lo *et al.*, 1992; Stefánsson, 1996), the analysis was done in two parts to improve our ability to identify sources of variability. This analysis used data from 1995 to 1998 ($n = 14,262$ FAD sets) when the spatial extent of the purse seine fishery on FADs was similar (fig. 3). The variables considered in these analyses were: season (January-March, April-June, July-September, October-December), area (fig. 16), time of day (hour, local time), depth of the net (in fathoms, "f") and some FAD characteristics, including shape (irregular, aggregated), color (red or orange, yellow, green or blue, brown, black, white, gray), underwater depth (extent of the FAD below the surface, in metres, "m"), and percentage covered with epibiota. The depth of the purse seine net was obtained from measurements of the amount of netting (an "out-of-water" depth). The underwater depth of the FAD was estimated by the observer, typically when the FAD was on deck or being deployed. Year, season, area, shape and color were treated as categorical variables, whereas hour, net depth, percentage coverage with epibiota and underwater depth were treated as continuous variables.

Generalized linear model techniques (McCullagh & Nelder, 1989) were used to assess the relative importance of the effects of the various covariates on p and CPSS. In this analysis, we have assumed that p and CPSS for each species were independent of the presence of the other tuna species. We assumed a linear logistic model (Collett, 1991) for p , analysed separately for each species. A stepwise procedure was used to

select covariates based on the greatest reduction in the Akaike statistic (AIC; Hastie, 1987), and covariate selection stopped when no terms that could be added to or removed from the current model further reduced the AIC. To study CPSS, we assumed that CPSS followed a gamma distribution and that the natural logarithm of the mean CPSS was linearly related to the covariates. An identical stepwise selection procedure was used to select influential covariates. For both analyses, the stepwise selection procedure was performed over all main effects and first-order interactions. Continuous variables were included as linear terms. In the stepwise selection procedure, several different starting models were used including the null model (overall constant only), a model with only a year effect, and a model with area and season main effects and an area-season interaction.

The relationships between p and CPSS, and influential covariates identified in the analysis described above were explored in more detail using generalized additive model techniques (Hastie & Tibshirani, 1991) to assess non-linearities of the relationships between influential covariates, and p and CPSS. Smoothing was done using a locally-weighted moving line (Cleveland, 1979; *loess* with a smoothing parameter of 0.9). As in the analysis described above, a linear logistic model was assumed for p , and CPSS was assumed to be distributed according to a gamma distribution, with the mean CPSS linearly related to the covariates on the log-scale.

Figure 16
Areas used in the analysis
of capture per set.



Probability of a making a successful set (p)

For all three tuna species, spatial effects on p dominated over seasonal effects, the characteristics of the FAD, and the depth of the purse seine net (tab. 6). Inclusion of a seasonal effect was closely followed by season-area or season-year interaction terms, suggesting the importance of spatial and temporal interactions, and inter-annual variability, on p . Of those FAD characteristics tested, only the shape of the FAD appeared to have relatively little effect on p for all three species. Final models that

started from an initial model of year, area and season main effects and first-order interactions contained fewer terms, and typically did not contain interaction terms involving color, and area, season or year (tab. 6). The effects of the characteristics of the FAD and the net depth on p were often modified by interactions (tab. 6). The relationships between p and some of these covariates are discussed below in more detail.

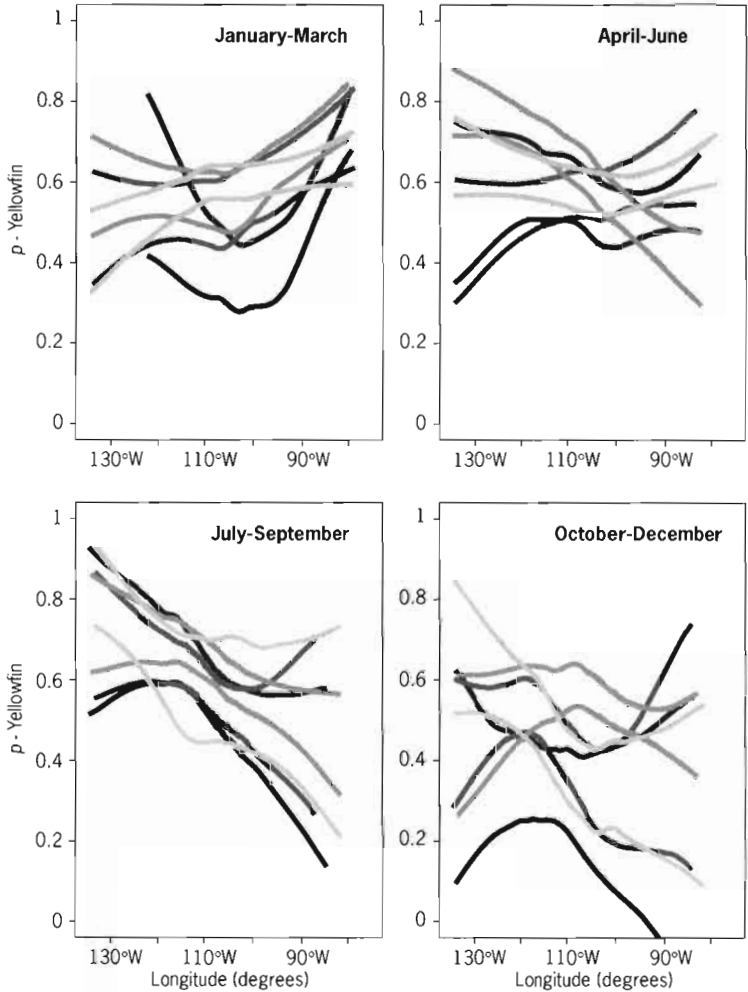
Table 6 - Results of stepwise selection of covariates in a linear logistic model for tuna capture presence/absence data.

Yellowfin	Yellowfin	Skipjack	Bigeye
(null 19,643)	year x season x area* (19,232)	(null 8,826)	(null 18,085)
year* (19,623)	percentage coverage (19,137)	year* (8,813)	year* (17,981)
area (19,465)	color (19,059)	area (8,617)	area (15,800)
percentage coverage (19,370)	underwater depth (19,001)	hour (8,565)	year:area (15,676)
color (19,292)	color:underwater depth (18,940)	year:area (8,505)	color (15,564)
year:area (19,231)	color:percentage coverage (18,933)	season (8,471)	underwater depth (15,506)
year:color (19,157)	hour (18,927)	color (8,441)	hour (15,459)
underwater depth (19,117)	shape (18,927)	year:season (8,422)	color:underwater depth (15,438)
area:color (19,081)	shape:underwater depth (18,918)	percentage coverage (8,411)	area:underwater depth (15,428)
color:underwater depth (19,054)	shape:percentage coverage (18,913)	net depth (8,401)	net depth (15,418)
season (19,036)	shape:hour (18,913)	area:net depth (8,395)	net depth:area (15,395)
season:area (18,933)		shape (8,391)	color:net depth (15,381)
year:season (18,876)		area:shape (8,378)	season (15,372)
season:color (18,864)		shape:net depth (8,374)	area:season (15,226)
season:percentage coverage (18,856)		underwater depth (8,371)	season:year (15,196)
hour (18,852)		season:underwater depth (8,355)	color:season (15,175)
year:hour (18,849)		year:underwater depth (8,347)	shape (15,173)
year:underwater depth (18,847)		hour:percentage coverage (8,343)	shape:year (15,163)
season:hour (18,846)		shape:percentage coverage (8,340)	shape:hour (15,159)
shape (18,845)		shape:color (8,335)	net depth:year (15,158)
year:shape (18,795)		season:area (8,330)	underwater depth:year (15,157)
shape:color (18,790)			underwater depth:season (15,155)
season:shape (18,786)			shape:area (15,154)
area:shape (18,780)			net depth:season (15,153)
shape:underwater depth (18,778)			
season:underwater depth (18,776)			
shape:hour (18,776)			
shape:percentage coverage (18,775)			
season:hour (18,775)			

* indicates starting model. Value of the AIC statistic is shown in parentheses. ":" indicates an interaction term. "year x area x season" indicates a model with year, area and season main effects and first-order interactions. Percentage reduction in the deviance for the final model: yellowfin, 6%; skipjack, 7%; bigeye, 17%.

Area and season effects on p showed the greatest differences among species. South of 0° , p for yellowfin was greater coastally between January to March, and greatest offshore between July to September (fig. 17).

Figure 17
 Approximate pointwise 95% confidence intervals for p for yellowfin as a function of longitude south of 0° , by season for each of years 1995-1998.
 Black, 1995; dark gray, 1996; intermediate gray, 1997; light gray, 1998.



Inter-annual variability in p for yellowfin was generally greater north of 0° ; the best agreement between years occurred from January to March when p for yellowfin was high coastally and reached a minimum between 95°W and 110°W (fig. 18). On the other hand, p for skipjack was largely invariant with longitude between 110°W and 135°W , across seasons and years, both south (fig. 19) and north of 0° (not shown). From July to December, p for skipjack decreased towards the coast south of 0° (fig. 19), although the amount of decrease varied by year. Less of a decrease in p towards the coast was seen north of 0° . For bigeye, p was lowest coastally early in the year (fig. 20). South of 0° , p for bigeye remained high offshore throughout the year, was lowest coastally from January to March, and reached its highest values coastally between July and December. A similar pattern was observed north of 0° with the exception that there was greater variability between years.

Figure 18
 Approximate pointwise 95% confidence intervals for p for yellowfin as a function of longitude north of 0° , between January and March for each of years 1995-1998.
 Black, 1995; dark gray, 1996; intermediate gray, 1997; light gray, 1998.

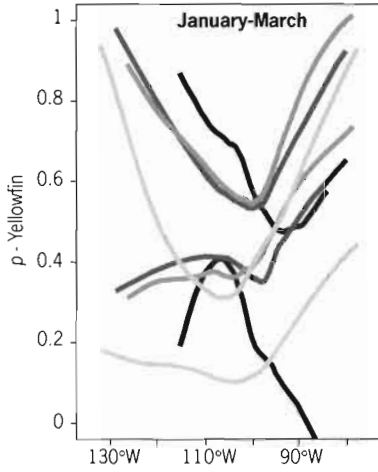


Figure 19
 Approximate pointwise 95% confidence intervals for p for skipjack as a function of longitude south of 0° , by season for each of years 1995-1998.
 Black, 1995; dark gray, 1996; intermediate gray, 1997; light gray, 1998.

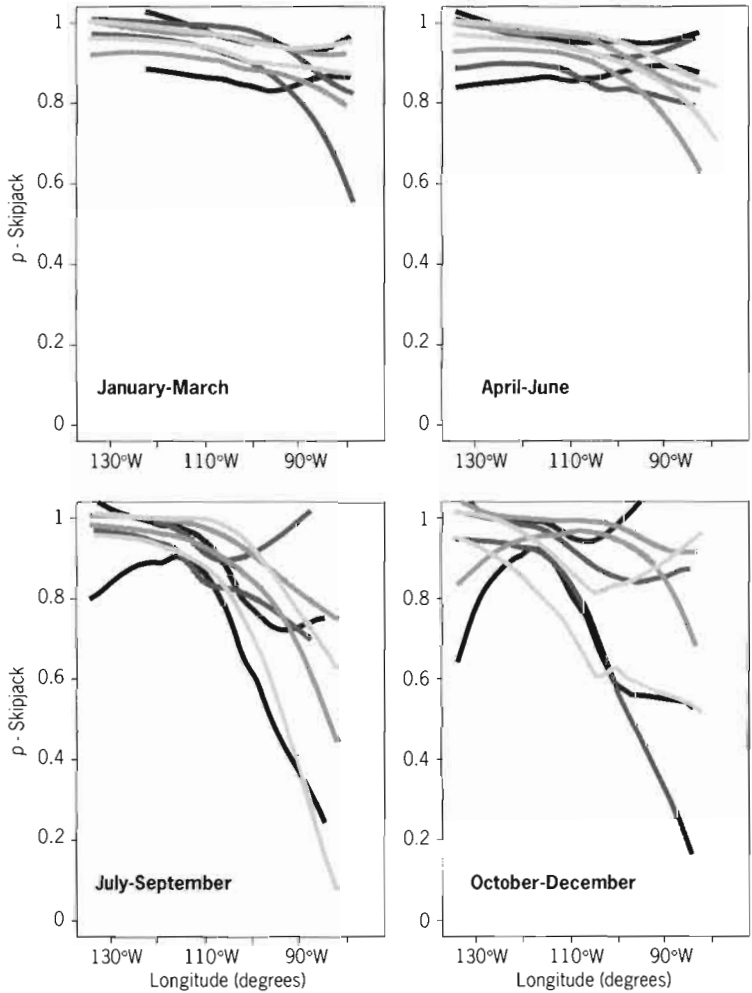
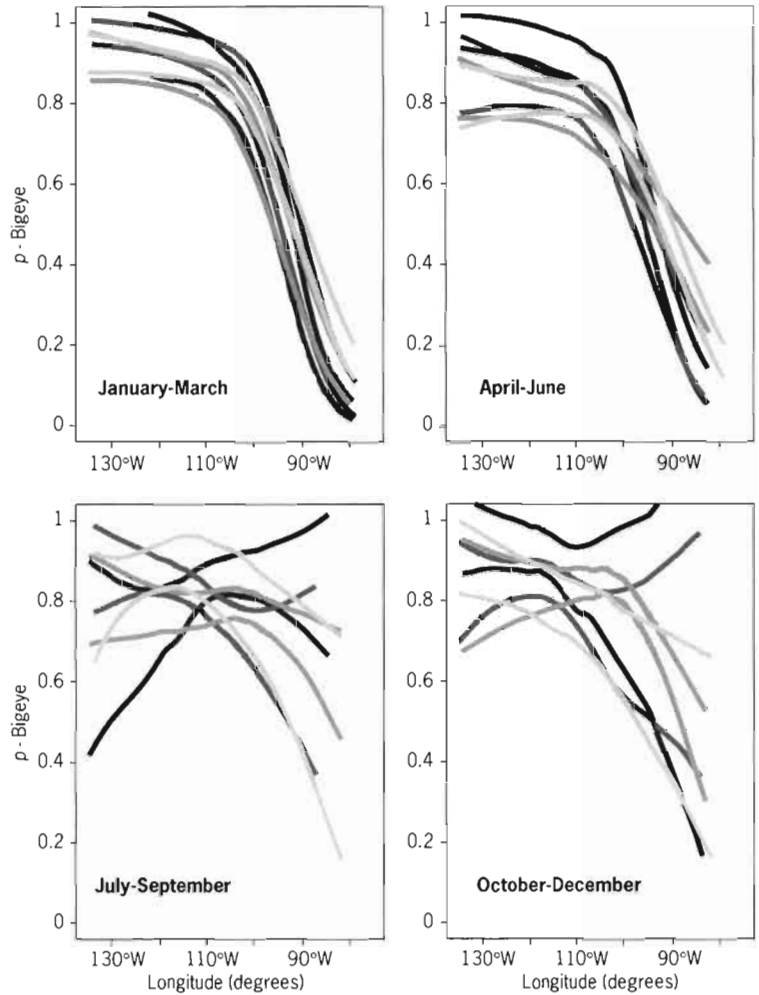


Figure 20
 Approximate pointwise 95% confidence intervals for p for bigeye as a function of longitude south of 0° , by season for each of years 1995-1998.
 Black, 1995;
 dark gray, 1996;
 intermediate gray, 1997;
 light gray, 1998.



In general, p was greater for deeper nets, deeper FADs and FADs with greater percentage coverage of epibiota (fig. 21), although these effects were typically less than those due to area and season (figs 17 to 20). For yellowfin on black FADs (the most prevalent color), the rate of increase of p with underwater depth was greatest at underwater depths of less than 20 m; however, for other colors, the greatest rate of increase of p for yellowfin often occurred at underwater depths of more than 20 metres. For yellowfin, p generally increased the most with percentage coverage of epibiota at low percentage coverage values, although a linear rate of increase for some colors could not be excluded.

For skipjack, p increased with net depth; however, the rate of increase of p with net depth varied by area (fig. 21). South of 0° , p for skipjack increased the most with net depth between 90°W and 105°W , with no effect of net depth on p west of 120°West . North of 0° , p for skipjack

increased slightly with net depth offshore, varied little with net depth between 90°W and 120°W and increased the most with net depth east of 90°West. Although p for skipjack increased with the percentage coverage of epibiota, the rate of increase was minimal (< 10 percentage points as percentage coverage with epibiota increased from 0% to 100%).

For bigeye, the rate of increase of p with both net depth and underwater depth also varied by area (fig. 21). South of 0°, p for bigeye increased with net depth in a manner similar to that for skipjack, with the greatest effect occurring east of 105°West. North of 0°, p was greatest for the shallowest and deepest nets west of 105°W and for net depths between about 100 to 120 fathoms east of 90°West. The greatest rate of increase of p for bigeye with underwater depth occurred north of 0° and at underwater depths below 20 fathoms. South of 0°, the greatest effect of underwater depth on p for bigeye occurred between 90°W and 120°W and p increased approximately linearly with underwater depth. Although p for yellowfin varied little with the time of day (tab. 6), p for both skipjack and bigeye decreased during the day, particularly for bigeye (fig. 22). The reduction in p with time of day largely occurred in the early morning before 10 am.

Variability in p with FAD color was largely due to gray FADs (tab. 7). Consistent with the estimated coefficients of the linear logistic models for p by species, gray FADs had the greatest p for skipjack and bigeye, yet the lowest p for yellowfin. For FAD colors other than gray, p varied little with color for yellowfin and skipjack. Slightly more variation was seen in p for bigeye among colors; however, for the dominant FAD colors (black and brown), p for bigeye was relatively similar.

Table 7 - Observed p by FAD color for yellowfin, skipjack and bigeye. Data are pooled for 1995-1998.

	Red	Green	Yellow	Black	White	Brown	Gray
Yellowfin	0.45	0.49	0.49	0.51	0.47	0.47	0.33
Skipjack	0.81	0.84	0.82	0.88	0.87	0.86	0.95
Bigeye	0.57	0.51	0.5	0.66	0.46	0.6	0.88

Capture per successful set (CPSS)

Similar to the results of the analysis of p , spatial effects dominated the variability in the CPSS of all three species of tunas (tab. 8). Seasonal effects (and interactions involving season and area) were often included earlier in the stepwise selection process than for the analysis of p (tab. 6). In the case of yellowfin, seasonal effects only entered into the stepwise selection process as a result of an area-season interaction. Of secondary importance for at least one of the three species was the time of day, the net depth, and the percentage coverage with epibiota. As with the analysis of p , color tended not to be included in models that started with area and season main effects and an area-season interaction (tab. 8). The relationships between p and some of these covariates are discussed below in more detail.

Figure 21

Approximate pointwise 95% confidence intervals for p by tuna species as a function of selected FAD characteristics and net depth, pooled for 1995-1998. Panels from upper left to lower right: p for yellowfin versus underwater depth by FAD color (dark gray, black FADs; light gray, brown FADs); p for yellowfin versus percentage coverage with epibiota by FAD color (black, black FADs; dark gray, brown FADs; light gray, yellow FADs); p for skipjack versus net depth, by area (dark gray, area 5; light gray, area 2); p for bigeye as a function of net depth, by area (dark gray, area 2; light gray, area 8); p for bigeye as a function of underwater depth by area (dark gray, area 6; light gray, area 2). See figure 16 for description of areas.

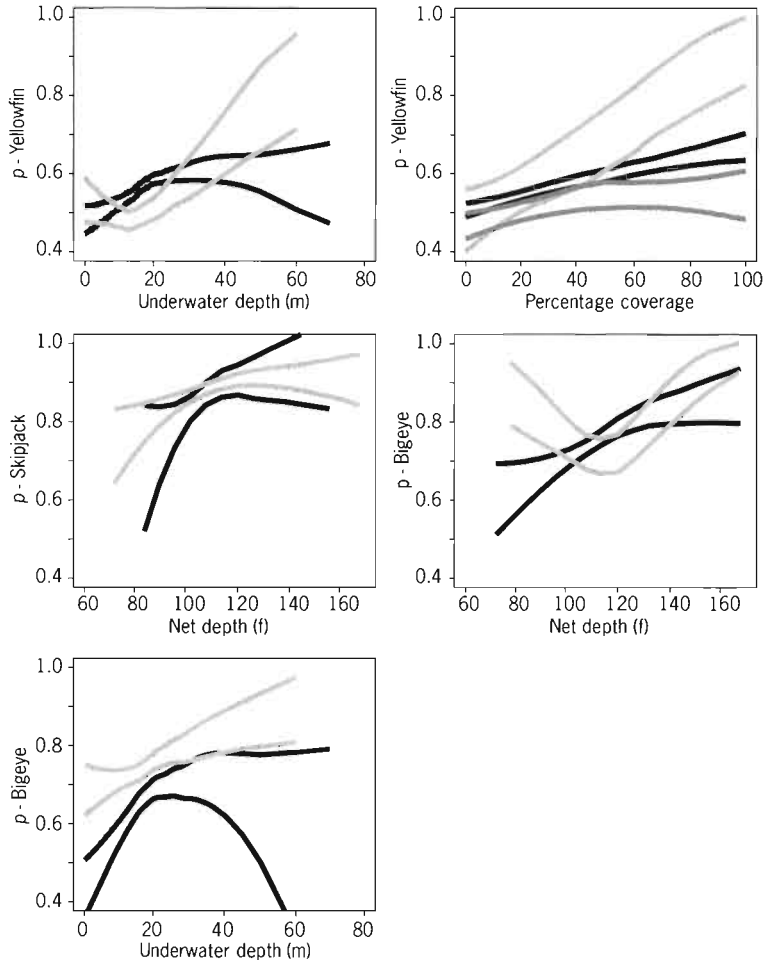


Figure 22

Estimated p for skipjack (black solid line) and bigeye (gray solid line), and approximate pointwise 95% confidence intervals (dashed lines), versus time of day. Data have been pooled for years 1995-1998.

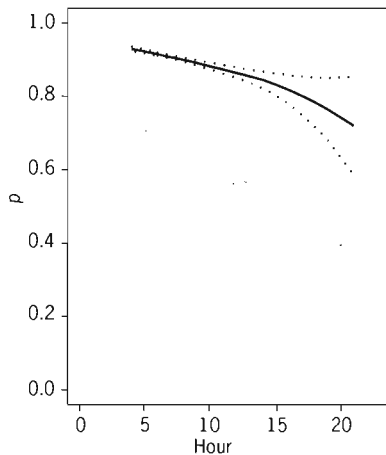


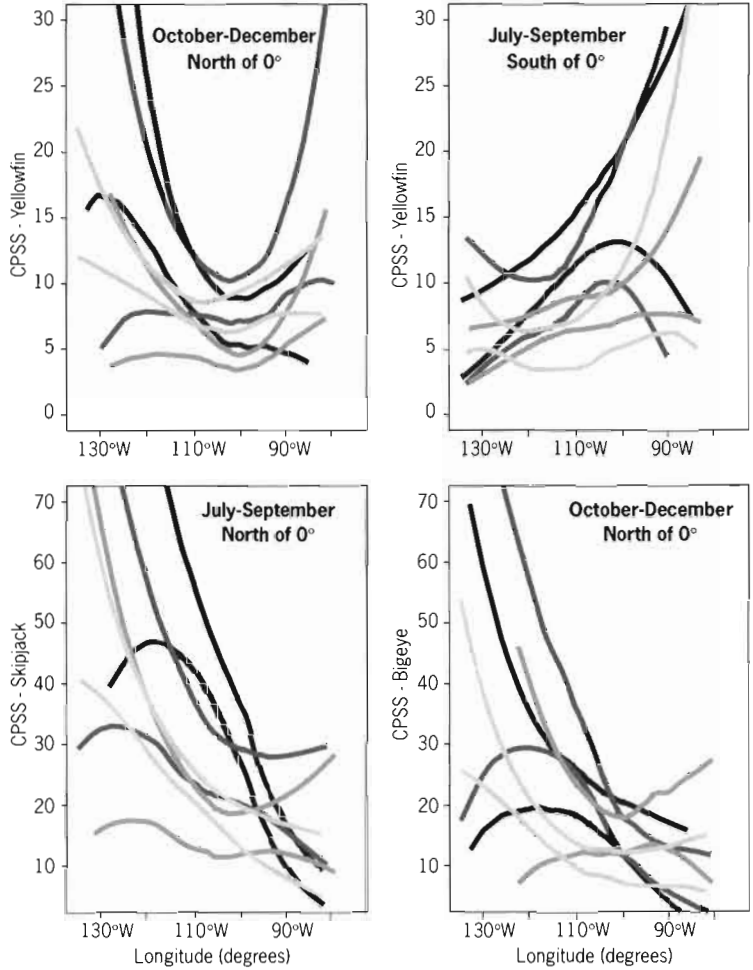
Table 8 - Results of stepwise selection of covariates in model for CPSS by tuna species.

Yellowfin	Yellowfin	Skipjack	Bigeye
(null* 8,775)	(area x season* 8,542)	(null* 15,995)	(null* 12,398)
year (8,570)		season (15,648)	year (11,859)
area (8,379)	year (8,296)	area (15,477)	area (11,538)
net depth (8,233)	net depth (8,166)	hour (15,257)	hour (11,407)
year:area (8,179)	year:season (8,054)	season:area (15,104)	year:area (11,322)
percentage coverage (8,136)	percentage coverage (8,012)	year (14,969)	season (11,225)
year:percentage coverage (8,109)	season:net depth (7,979)	year:season (14,787)	season: area (11,113)
year:net depth (8,095)	year:area (7,956)	year:area (14,703)	year:season (11,052)
area: percentage coverage (8,078)	year:net depth (7,944)	net depth (14,690)	net depth (11,010)
underwater depth (8,071)	year:percent coverage (7,933)	area:net depth (14,681)	season:net depth (11,001)
area:underwater depth (8,020)	area:percentage coverage (7,928)	shape (14,671)	percentage coverage (10,991)
underwater depth:percent coverage (8,005)	season:percentage coverage (7,924)	area:shape (14,657)	area:percentage coverage (10,980)
year:underwater depth (7,992)	underwater depth (7,919)	percentage coverage (14,649)	area:net depth (10,979)
color (7,991)	area:underwater depth (7,875)	season:percentage coverage (14,637)	underwater depth (10,978)
color:net depth (7,984)	underwater depth: percentage coverage (7,861)	underwater depth (14,630)	hour:underwater depth (10,971)
color:underwater depth (7,977)	year:underwater depth (7,852)	year:percentage coverage (14,624)	underwater depth: percentage coverage (10,970)
	hour (7,850)	percentage coverage: net depth (14,619)	
	year:hour (7,834)	shape:underwater depth (14,616)	
	year:area (7,833)	area:underwater depth (14,612)	
	season:hour (7,832)	hour:percentage coverage (14,610)	
	underwater depth: net depth (7,831)	shape:net depth (14,609)	
		hour:underwater depth (14,607)	
		season:shape (14,606)	
		year:hour (14,606)	

* indicates starting model. Value of the AIC statistic is shown in parentheses. Percentage reduction in the deviance for the final model: yellowfin, 13.5%; skipjack, 10.4%; and bigeye, 13.5%. “:” indicates a first-order interaction term; “x” indicates main effects and first-order interactions.

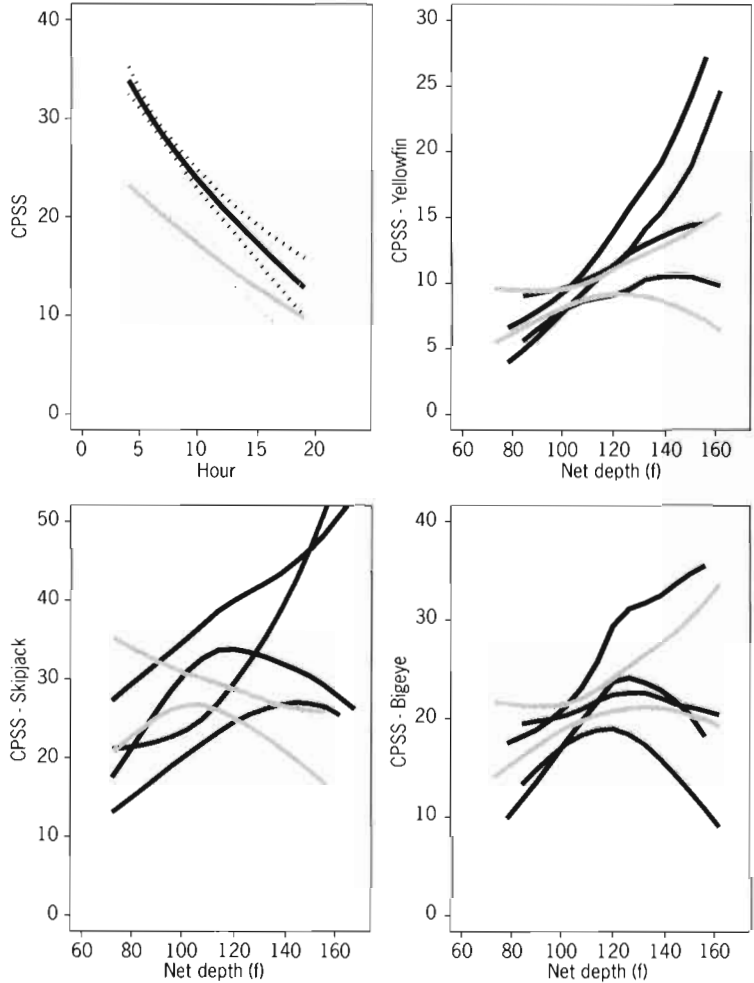
In contrast to the results of the analysis of p (figs 17-20), spatial and seasonal effects on CPSS were similar among species, although there was considerable variability between years (fig. 23). North of 0° , CPSS of yellowfin was often greater offshore in the latter part of the year; however, in the latter part of the year south of 0° , the greatest values were often found coastally. North of 0° , CPSS of skipjack and bigeye increased with distance offshore in the latter part of the year and were highly variable amongst years between January and June (not shown). CPSS peaked offshore for skipjack from July to September and for bigeye from October to December. South of 0° , variability in CPSS of skipjack between and within years led to no remarkable patterns; CPSS of bigeye showed a slight increase between approximately 95°W and 115°W in the first part of the year (not shown).

Figure 23
 Approximate pointwise 95% confidence intervals for CPSS versus longitude, by selected seasons, for each year from 1995 to 1998: upper row - yellowfin; lower left - skipjack; lower right - bigeye. Black, 1995; dark gray, 1996; intermediate gray, 1997; light gray, 1998.



The effects of time of day and net depth on CPSS were also similar among species (fig. 24). CPSS by time of day decreased for both skipjack and bigeye, with the greatest values of CPSS occurring in the early morning. CPSS generally increased for all three species with net depth. However, the effect of net depth on CPSS varied by area and season. For most seasons and areas, there appears to be limited benefit in deepening the net below 120 fathoms. The greatest increases in CPSS with net depth occurred in January to March for both bigeye and yellowfin, and between 90°W and 120°W north of 0° for skipjack. CPSS of skipjack actually decreased with net depth south of 0° west of 120°West.

Figure 24
 CPSS by time of day and
 FAD characteristics, pooled
 over years 1995-1998.
 Upper left: estimated CPSS
 for skipjack (black line) and
 bigeye (light gray line), and
 approximate 95% pointwise
 confidence intervals (dashed
 lines) as a function
 of time of day; upper right:
 approximate 95% pointwise
 confidence intervals for
 CPSS of yellowfin as a
 function of net depth,
 January to March (black
 lines), April to June (dark
 gray lines) and October to
 December (light gray lines);
 lower left: approximate 95%
 pointwise confidence
 for CPSS of skipjack as a
 function of net depth, area 7
 (black lines), area 6 (dark
 gray lines) and area 4 (light
 gray lines); lower right:
 approximate 95% pointwise
 confidence intervals for
 CPSS of bigeye as a function
 of net depth, January to
 March (black lines), April to
 June (dark gray lines) and
 October to December (light
 gray lines). See figure 16
 for description of areas.



Summary and discussion

In this paper we have presented fishery statistics and a description of factors affecting capture per set for the purse seine fishery on drifting FADs in the EPO from 1992 to 1998. Although the fishery on FADs has replaced the fishery on flotsam as the dominant purse seine mode of capturing skipjack and bigeye tunas, the two fisheries were similar in several respects: the majority of the sets were made in the early morning, and skipjack and bigeye dominated the tuna capture, with comparable discard ratios. However, the success rate for bigeye on FADs was more than twice that on logs. In addition, FAD sets were made predominantly in latitudinal bands north and south of the equator, extending offshore to 150°W, whereas log sets were coastal. The probability of making a successful set and the capture per successful set for each of the three species varied most with area, season and year. More successful sets

for yellowfin were generally made coastally in the early part of the year and offshore between July and September. More successful sets were made for skipjack and bigeye offshore than coastally; however, more successful sets were made for skipjack coastally in the first half of the year, whereas more successful sets were made for bigeye coastally in the latter part of the year. Capture per successful set was highly variable spatially and temporally, but showed a tendency to be greatest offshore in the latter half of the year north of 0° for all three species. Of secondary importance were time of day, underwater depth of the FAD and net depth. More successful sets and greater captures of bigeye and skipjack were made early in the morning and with deeper nets, although the effect of net depth varied by area. In addition, more successful sets for yellowfin and bigeye were made on FADs with deeper netting, although these effects varied with area and FAD color. Capture per successful set for all three species increased with net depth, although the rate of increase varied seasonally and spatially.

Although our results suggest that capture per set of tunas varied with the area, season and some FAD characteristics, inter-annual variation, and spatial and temporal variability in the importance of FAD characteristics, indicate that the processes that lead to successful sets and large captures of fish are complex. In general, interaction terms appeared to be as important as main effects, and even the largest generalized linear model explained at most 17% of the variability in the data. The use of different link functions, different distributional assumptions, additional covariates and higher-order interactions may improve the fit of the models to the data and could be explored. In addition, analysis of these data is complicated by spatial and temporal variation in FAD characteristics. In fact, the effects of FAD characteristics such as color on the probability of making a successful set or capture per successful set may reflect a non-linear response of tuna capture to spatial and temporal variability in the environment not accounted for by the models fitted.

We have used sets that captured less than one metric ton of tunas as representative of "unsuccessful" sets. These unsuccessful sets may be an indication of the presence of only a few fish at the FAD or of a large school of fish that escaped capture. An additional source of information would be FAD observations that did not lead to sets ("sightings"). For the depth of the purse seine net to be meaningful in our analysis of the probability of making a successful set, we did not use sighting data. However, the use of sightings as an indicator of the absence of fish could be explored with regard to other factors (e.g., area and season). Both small (≤ 363 mt fish-carrying capacity) and large vessels participate in the purse seine fishery on floating objects in the EPO. Between 1992 and 1998, an estimated 67-84% of all floating object sets were made by larger vessels (Anon., 2000). Observers generally are not placed aboard small vessels, and thus there is almost no information available on the characteristics of the FAD fishery of smaller purse seine vessels. Conclusions drawn from analysis of FAD data for larger vessels may not be applicable to these smaller vessels.

Our analyses suggest that the location and the time of year of FAD sets had more of an effect on capture per set of tunas than the characteristics of the FAD or the depth of the purse seine net. The probability of making a successful set varied by as much 0.6 with longitude by season, and capture per successful set often varied by as much as 50% with longitude by season. On the other hand, the effects of net depth and FAD depth were typically 0.2 or less for the probability of a successful set, and typically less than 50% for capture in successful sets. These results suggest that the benefits of modifications to FAD and purse seine net characteristics may be potentially less than changing fishing areas and seasons. Variation in the effect of net depth and FAD depth on capture per set by area or season may reflect spatial or temporal changes in the thermocline depth or other variation in the physical environment.

We found that capture per set of bigeye and skipjack tunas on FADs varied with time of day, whereas capture per set of yellowfin did not. More successful sets and higher catches in successful sets for bigeye and skipjack tunas occurred in the morning. It is unknown why catches of yellowfin would not vary in a similar manner. In general, captures per set of yellowfin in FAD sets were much less than captures of bigeye and skipjack, and perhaps we were unable to detect changes in capture of yellowfin with time of day because the effect, if it existed, was small and obscured by variability due to other factors. Alternatively, there may be species-specific differences in the association of tunas with floating objects. Skipjack and bigeye tunas may be strongly "attracted" to floating objects at night, whereas yellowfin are weakly "attracted" to floating objects throughout the day.

Concerns that the rapid increase in fishing effort on FADs could cause significant impacts to yellowfin, but especially to bigeye tunas, led to the adoption of a series of management actions to try to contain, and eventually reduce these impacts (Anon., 1999). Since 1992, the captures of bigeye tuna have increased considerably as a result of the purse seine fishery on FADs. In addition, discards of yellowfin and bigeye tunas tend to be greater for FAD (and log) sets than for school or dolphin sets. The discarded fish that are captured in FAD sets are usually small, and mostly likely immature. Since 1998, actions to reduce the ecological impact of this mode of fishing have included a ban on setting on floating objects and area closures. In 1998, all fishing for yellowfin tuna inside the IATTC regulatory area was banned after a quota of 225,000 mt of yellowfin was reached on November 26. In 1999, all setting on floating objects was prohibited after November 8. In addition, catches of yellowfin tuna were restricted in some areas after October 14, with a complete restriction effective on November 23 inside the IATTC regulatory area. For 2000, limits have been established for the catches of both yellowfin and bigeye tunas.

There are several reasons why some yellowfin, skipjack or bigeye tunas may be discarded during a set, including size (fish too small), storage space limitations (vessel wells full with only a partial catch loaded), and fish quality (fish may spoil during very long sets). By far, the size is the prevailing reason for discarding of fish. However, economic conditions (price, labor costs, demand), the availability of fish, regulations, and company policies, may affect the discarding decisions of a particular trip. These conditions may also change over time, following price changes and other fluctuations. Besides the main commercial tuna species for this fishery, individuals of many other species are also captured in sets on FADs (IATTC, 2000). These include sharks, rays, billfishes, dolphinfish, wahoo, yellowtail, rainbow runners, as well as tunas of other species such as *Axxis* and black skipjack. Most of these species are discarded; however, catches of some species are kept for consumption on board, or kept in small freezers for later sale. By-catches of tunas and of other species are typically much higher in sets on FADs and logs than in sets on school or dolphin-associated tunas (Hall, 1998; IATTC, 2000). Sets on dolphins have the lowest by-catches, probably because the average cruising speed of the tunas and dolphins involved, and the speed during the chase that precedes the set, prevent small individuals or slow-moving species from keeping up with the tunas and dolphins.

The areas developed by the purse seine fishery on FADs in the 1990s include two westward extensions, south and north of the equator, mainly within the general regions of the South Equatorial Current and the Equatorial Countercurrent (Wyrki, 1965). Historically, these areas have been regions with high levels of productivity (Berger *et al.*, 1988). Thus, differences in the spatial distribution of FAD sets between years may reflect differences in current structure, as well as changes in productivity. For example, the presence of higher numbers of FAD sets along the equator during 1997 (fig. 3) may reflect changes in the physical and biological characteristics of the Eastern Tropical Pacific that accompany El Niño events. A study of spatial and temporal variation in the distribution of FAD sets, and associated catches, in connection with physical and biological data for the Eastern Tropical Pacific would undoubtedly provide useful insights into the influence of the environment on the FAD fishery.

Acknowledgements

The authors wish to acknowledge Marco García for his contribution to previous work on tunas and FADs, Mark Maunder, Pat Tomlinson and George Watters for making available the tuna length-frequency estimates, Marcela Campa, Marta Gomez and Jenny Suter for help with figures, William Bayliff and Michael Scott for their comments on the manuscript, and Rick Lindsay and Marlon Roman for expertise in FAD characteristics. Guillermo Compean and Michel Dreyfus of the Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y Protección de Delfines kindly provided data on the number of purse seine sets by set type for Mexican-flag vessels.

Bibliographic references

- IATTC, 1989. Annual report of the Inter-American Tropical Tuna Commission for 1988, 288 p.
- IATTC, 1999. Quarterly report of the Inter-American Tropical Tuna Commission, Fourth Quarter, 1999, 53 p.
- IATTC, 2000. Annual report of the Inter-American Tropical Tuna Commission for 1998.
- Aprieto V.L. 1991. Payao, tuna aggregating device in the Philippines. *In: Symposium on Artificial reefs and Fish Aggregating Devices as tools for the Management and Enhancement of Marine Fishery Resources*, Colombo, Sri Lanka, 14-17 May 1990. RAPA Report, 1991/11, 1-15.
- Berger W.H., Fisher K., Lai C., Wu G., 1988. Ocean carbon flux: global maps of primary production and export production. *In: Biogeochemical cycling and fluxes between the deep euphotic zone and other oceanic realms*. C. Agegian (ed.). Series for Undersea Res. NOAA, Undersea Research Programme. Res. Rep., 3(2), 131-176.
- Cayré P., 1991. Artisanal fishery of tuna around Fish Aggregating Devices (FADs) in Comoros Islands. *In: Symposium on Artificial reefs and Fish Aggregating Devices as tools for the Management and Enhancement of Marine Fishery Resources*, Colombo, Sri Lanka, 14-17 May 1990. RAPA Report, 1991/11, 61-74.
- Cleveland W.S., 1979. Robust locally weighted regression and smoothing scatterplots. *J. Amer. Stat. Assoc.*, 74, 829-836.
- Collett D., 1991. Modelling binary data. Chapman & Hall, London, 369 p.
- Greenblatt P.R., 1979. Association of tuna with flotsam in the Eastern Tropical Pacific. *Fish. Bull.*, 77, 147-155.
- Hall M.A., 1998. An ecological view of the tuna-dolphin problem: impacts and trade-offs. *Rev. Fish. Biol. Fish.*, 8, 1-34.
- Hall M.A., García M., Lennert-Cody C.E., Arenas P., Miller F., 1999a. The association of tunas with floating objects and dolphins in the Eastern Pacific Ocean: a review of the current purse seine fishery. *In: Proceedings of the international workshop on the ecology and fisheries for tuna associated with floating objects*. Scott M.D. Bayliff W.R., Lennert-Cody C.E. & Schaefer K.M. (comp.). Spec. Rep. I-ATTC, 11, 87-194.
- Hall M.A., Lennert-Cody C.E., García M., Arenas P., 1999b. Characteristics of floating objects and their attractiveness for tunas. *In: Proceedings of the international workshop on the ecology and fisheries for tuna associated with floating objects*. Scott M.D. Bayliff W.R., Lennert-Cody C.E. & Schaefer K.M. (comp.). Spec. Rep. I-ATTC, 11, 396-446.

- Hastie T., 1987. A closer look at the deviance. *J. Amer. Stat. Assoc.*, 41, 16-20.
- Hastie T.J., Tibshirani R.J., 1991. Generalized additive models. *Mono-graphs in statistics and applied probability*, 43. Chapman & Hall, London, 355 p.
- Lo N.C.H., Jacobson L.D., Squire J.L., 1992. Indices of relative abundance for fish spotter data based on delta-log normal models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49, 2515-2526.
- McCullagh P., Nelder J.A., 1989. *Generalized linear models* (2nd ed.). *Mono-graphs in statistics and applied probability*, 37. Chapman & Hall, London. 511 p.
- Perrin W.F., 1968. The porpoise and the tuna. *Sea Frontiers*, 14(3), 166-174.
- Polovina J., 1991. A global perspective on artificial reefs and Fish Aggregating Devices. *In: Symposium on Artificial reefs and Fish Aggregating Devices as tools for the Management and Enhancement of Marine Fishery Resources*, Colombo, Sri Lanka, 14-17 May 1990. RAPA Report, 1991/11, 251-257.
- Scott J.M., 1969. Tuna schooling terminology. *Calif. Fish Game*, 55, 136-140.
- Stefánsson G., 1996. Analysis of groundfish survey abundance data: combining the GLM and delta approaches. *ICES J. Mar. Sci.*, 53, 577-588.
- Tomlinson P.K., Tsuji S., Calkins T.P., 1992. Length-frequency estimation for yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) caught by commercial fishing gear in the Eastern Pacific Ocean. *Bull. I-ATTC*, 20(6), 357-398.
- Watters G.M., 1999. Geographical distributions of effort and catches of tunas by purse seine vessels in the Eastern Pacific Ocean during 1965-1998. *Data Rep. I-ATTC*, 10.
- Wyrтки K., 1965. Surface currents of the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Bull. I-ATTC*, 9(5), 271-304.

The use of anchored FADs in the area served by the Secretariat of the Pacific Community (SPC): regional synthesis

Aymeric Désurmont, Lindsay Chapman

Secretariat of the Pacific Community, BP D5, 98848 Noumea Cedex, New Caledonia
AymericD@spc.int

Abstract

In the area served by the Secretariat of the Pacific Community (SPC), which includes 22 Pacific Island countries and territories, anchored FADs have been used since the late 1970s. First introduced from the Philippines, *via* Hawaii, they were quickly adopted by both industrial and artisanal fisheries sectors: in 1984 more than 600 anchored FADs had been deployed in the region. Since these early days, the development of the technique by the industrial and the artisanal sectors have followed parallel paths with little interaction. In the industrial private sector, companies are funding, deploying and monitoring their own FADs. For some purse seining companies from the Solomon Islands or Papua New Guinea, these FADs have become a necessity. FAD programmes for small-scale fisheries have been almost exclusively run by the public sector, with technical support from regional and international development agencies and financial assistance from overseas funding agencies. These programmes have had mixed successes: becoming an on-going and essential tool in some places like French Polynesia or Guam; or being momentarily suspended, like in Vanuatu or Nauru, because of the lack of funds, partly due to the lack of proven economic return to the fishing communities. This document is an attempt to synthesize the current information on these very diverse situations, including technical, economical and social considerations.

Introduction

The authors of this regional synthesis have endeavoured to pull together as much of the available information on anchored FADs and their use in the Pacific region. This has been a large task as there are 22 Pacific Island countries and territories in the region, and trying to summarise the current status has been difficult due to the great variation in approaches and the availability of documented information. In some cases, anecdotal information has been collected, or the hands-on experiences of the authors and other SPC staff have been drawn upon to present the most up-to-date “picture” of the Pacific situation.

Context and original conditions

The geographical zone concerned

This document is related to the geographical zone served by the Secretariat of the Pacific Community (SPC, formerly the South Pacific Commission) as shown in figure 1. It extends between 23°N and 32°S in latitude and 130°E and 120°W in longitude.

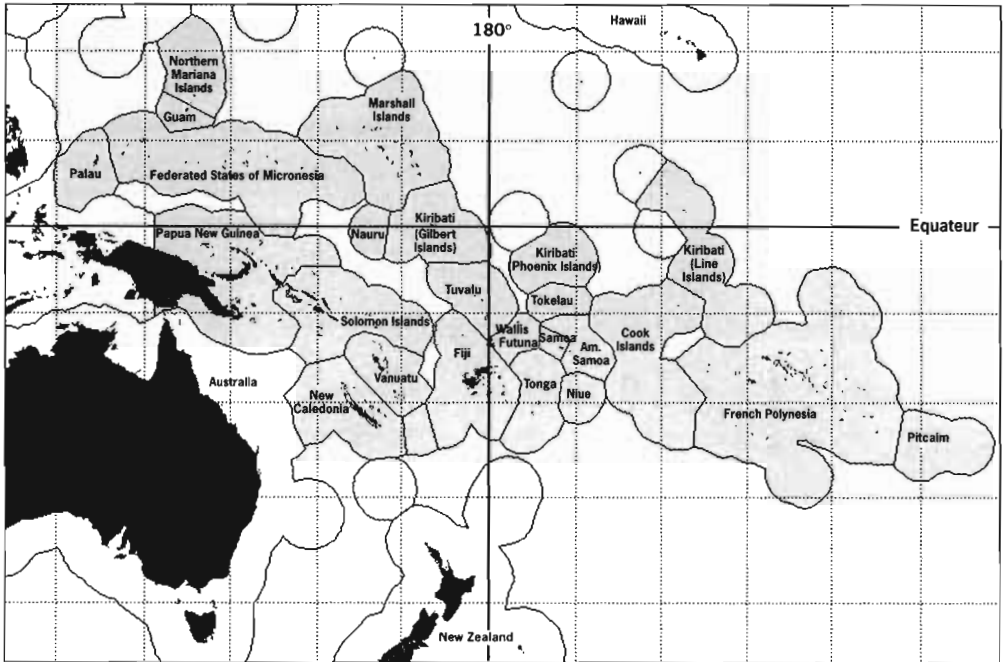


Figure 1
Countries and territories served by SPC (grey areas represent the approximate Exclusive Economic Zones).

It includes 22 States and Territories (tab. 1) spread over more than 30 million square kilometres, of which two per cent only are emerged land. It comprises more than 7,500 islands, but only 500 of them are inhabited. This isolation complicates administration, communication and the provision of basic services. The Pacific Islands are separated into the three sub-regions of Melanesia (west), Polynesia (south-east) and Micronesia (north), based on their ethnic, linguistic and cultural differences. The islands themselves feature great geographical diversity. Papua New Guinea accounts for 83 per cent of the land area, while Nauru, Pitcairn, Tokelau and Tuvalu are each smaller than 30 square kilometres. Some countries or territories, such as Nauru and Niue, are compact and consist of only one island; others, such as French Polynesia and Federated States of Micronesia, include more than a hundred islands, which are distributed over enormous distances. In terms of physical geography and natural resources, the Melanesian countries tend to be large, mountainous and volcanic (with rich soils and exploitable mineral deposits), while the Polynesian and Micronesian islands are smaller: Kiribati, Marshall Islands, Tokelau and Tuvalu consist of low-lying atolls,

only one or two metres above sea level. The smaller volcanic islands such as the Cook Islands, parts of the Federated States of Micronesia and French Polynesia, Tonga and Samoa, have some fertile land, but both living and non-living natural resources are mainly confined to the ocean.

Table 1 - Countries and territories served by SPC (population estimate prepared by SPC Demography-Population Programme).

Country/territory	Population estimate (mid-1999)	Land area (km ²)	Pop. density (people/km ²)	EEZ area (km ²)
Melanesia	6 317 102	539 712	12	8 170 000
Fiji	801 543	18 333	44	1 290 000
New Caledonia	212 807	18 576	11	1 740 000
Papua New Guinea	4 692 437	462 243	10	3 120 000
Solomon Islands	421 011	28 370	15	1 340 000
Vanuatu	189 304	12 190	16	680 000
Micronesia	521 158	3 214	162	10 405 000
Federated States of Micronesia	116 414	701	166	2 780 000
Guam	149 643	541	277	218 000
Kiribati	88 558	811	109	3 550 000
Marshall Islands	63 226	181	349	2 131 000
Nauru	11 346	21	540	320 000
Northern Mariana Islands	72 776	471	155	777 000
Palau	19 195	488	39	629 000
Polynesia	604 121	8 133	74	10 750 000
American Samoa	63 329	200	317	390 000
Cook Islands	16 769	237	71	1 830 000
French Polynesia	228 786	3 521	65	5 030 000
Niue	2 040	259	8	390 000
Pitcairn Islands	40	39	1	800 000
Samoa	167 988	2 935	57	120 000
Tokelau	1 500	12	125	290 000
Tonga	99 657	649	154	700 000
Tuvalu	9 637	26	371	900 000
Wallis and Futuna	14 375	255	56	300 000
All Pacific Islands	7 442 381	551 059	14	29 325 000

Development status of fisheries and constraints

Fishing activities in the region cover the whole range from very low-technology coastal subsistence activities to the high-technology oceanic fisheries such as offshore purse seining for tunas. They can be split in three main categories (Adams, 1996):

Oceanic fisheries: fisheries for tropical tuna, which are carried out mainly by distant-water fishing vessels of non-Pacific Island nations, within the Economic Exclusive Zones (EEZs) and of high seas adjacent to Pacific Island nations;

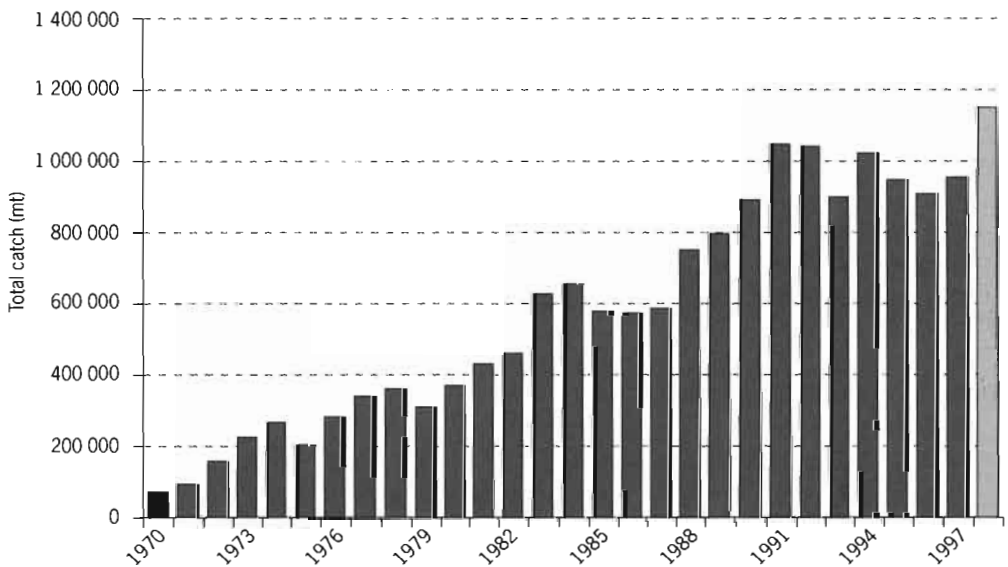
Coastal fisheries for domestic consumption: multi-species, mainly reef and lagoon, fisheries carried out mainly by Pacific Island nationals in the small-scale commercial and artisanal sectors, using hook-and-line, net, spear, traditional trap or weir and hand-collection;

Coastal fisheries for export: a more limited range of species, generally those which are not consumed locally and/or which obtain a high price overseas, are exported, mainly to Chinese-speaking areas of the world.

Oceanic fisheries

Within the SPC area (see fig. 1), this fishery currently catches around one million tons per year whole weight of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*), yellowfin tuna (*Thunnus albacares*), bigeye tuna (*Thunnus obesus*) and albacore tuna (*Thunnus alalunga*) (see fig. 2 for tuna catch trends since 1970) worth around US\$ 1.5 billion landed value. Apart from bigeye tuna, for which recent studies have raised some concerns (Hampton *et al.*, 1998; Bigelow *et al.*, 1999), this level of tropical tuna fishing appears to be sustainable. However, Pacific Island vessels are only landing a small portion of this fish (12% in 1997, source: Regional Tuna Fisheries Database maintained by SPC), and these vessels are mainly owned by Governments or foreign investors.

Figure 2
Tuna catch trend
in the Pacific Islands region
(data source: SPC Oceanic
Fisheries Programme;
1998 value is provisional).



Since the early nineties, several Pacific Island countries and territories, (Fiji, Federated States of Micronesia, French Polynesia, New Caledonia, Tonga and Papua New Guinea), have developed domestic fleets of small longliners (16 to 25 m), mostly targeting the fresh sashimi market. One country, Samoa, has developed an incredible fleet of over 250 small longliners (8.5-12 m alia catamarans, fig. 9) targeting albacore tunas for their local market and nearby American Samoa canneries (Mulipola & Fa'asili, 1999). These fleets appear as an intermediate level of development between artisanal and industrial fisheries in the region.

Coastal fisheries for domestic consumption

These fisheries take around 100,000 tons per year, of several hundred species of fish and invertebrates, within the territorial waters of SPC Island member countries and territories (Dalzell *et al.*, 1996). It is very difficult to separate domestic fishery production into commercial and subsistence components, since most Pacific Island fishing communities both consume and sell part of their catch. However, it is estimated that eighty per cent of all coastal fisheries production is used for subsistence (tab. 2). It is important to note that, unlike oceanic fisheries in the region, all of the coastal fisheries production is by Pacific Islanders (Adams *et al.*, 1996) and mainly by poor people. It is thus coastal fisheries that provide the majority of the current benefit derived by Pacific Islanders from fisheries. Most importantly, this benefit is obtained particularly in the smaller islands and rural areas. Fishing is a traditional activity, and is something that is still carried out by the great majority of Pacific Islanders. Unlike people in most developed countries, the majority of Pacific Islanders have a direct stake in coastal fisheries.

Table 2 - Rough estimate of total Pacific Islands coastal annual production (non-tuna) (from Dalzell *et al.*, 1996).

	Subsistence	Commercial	Total
Catch (mt)	80 048	24 610	104 658
Value (US\$)	160 323 927	83 353 790*	243 677 346*

* Nominal values.

Coastal fisheries for export

Pacific Island nations do not export many fishery products from their coastal zones, probably less than 10,000 tonnes per year exported weight, within the territorial waters of SPC Island member countries and territories (Dalzell & Adams, 1996). Those that are exported are primarily commodities aimed at specific niche markets. In volume, the most important exports are those of dried sea-cucumbers, (still known as “beche-de-mer” in Melanesia and “*trepang*” in Micronesia) which are mainly consumed by Chinese-speaking people, and of top and mother-of-pearl-shells (*Trochus niloticus*, *Pinctada margaritifera*, *Turbo marmoratus*, in decreasing order of volume) used for buttons.

Since the mid-1990s, a live reef fish fishery for food, mostly exporting to the Hong Kong market, has developed in the region (Johannes & Lam, 1999; Sommerville & Pendle, 1999; Yeeting, 1999). However, considering the very high prices offered for live reef food fish and the fragility of the resource, this fishery combines most of the elements leading to overexploitation and will need to be very tightly managed to be sustainable.

The export-oriented deep reef-slope commercial fishery for eteline snappers that started in several countries during the 1980s has given way, in most cases, to small-scale tuna longlining, not because of stock depletion but because of better economic returns.

Although more related to aquaculture than to fishing, black pearls from the blacklip pearl-shell *Pinctada margaritifera*, resulting from the cultivation of primarily wild stocks, are another valuable export product. French Polynesia and the Cook Islands, where dense populations of wild broodstock can be found, have established a very successful black pearl industry (value of black pearl exports from French Polynesia exceeded US\$ 140 millions in 1996, see *SPC Pearl Oyster Bulletin*, 12, p. 11), and several other countries in the region are in the process of developing their own.

Where FADs originated: the first types

Anchored FADs were first recorded in Malta, Mediterranean Sea, during the 17th century (de San & Pages, 1998). In Indonesia and the Philippines, fishermen started to use FADs in the early 1900s (Anderson & Gates, 1996). In the Pacific region, anchored FADs have been used since the late 1970s by both industrial and artisanal sectors. Despite a probable common origin, the development of the technique within the two sectors has followed parallel but different paths, with little interaction. Because of this evolution, the information provided in this synthesis will in many cases be presented under the headings of **Industrial sector** and **Artisanal sector**, to show the differences that have occurred over the years.

Industrial sector

Anchored FADs used by industrial tuna fishing fleets in the Western Pacific originated from the payao model (fig. 3) used in the mid-1970s by purse seiners in the Philippines (Chikuni, 1978). It consists of a single or double-layered bamboo raft, 2.5 m at one end, tapered at the other and 12 m or more in length, linked to the bottom by a 16 mm, 3 strands, polypropylene rope. Anchors were made of 200 l drums filled with cement and linked to the mooring line by a 16 mm wire cable. To keep the floating polypropylene rope from coming to the surface, counterweights made of cement, chain links or stones were added along the mooring line.

Artisanal sector

Most Pacific Islands countries and territories first heard about FADs during the 1979 SPC Regional Technical Meeting on Fisheries (RTMF), with the presentation of experiments carried out in Hawaii between 1977 and 1979 (Matsumoto *et al.*, 1979). Encouraging results obtained in Hawaii convinced many SPC member countries and territories to start their own experiments. They all used the Hawaiian model (fig. 4) to develop their own systems. Four years later, more than 600 FADs had been deployed in the region, of which 150 were used by the artisanal sector (Boy & Smith, 1984).

Figure 3
The FAD model (payao)
introduced from
the Philippines
in the mid-seventies.

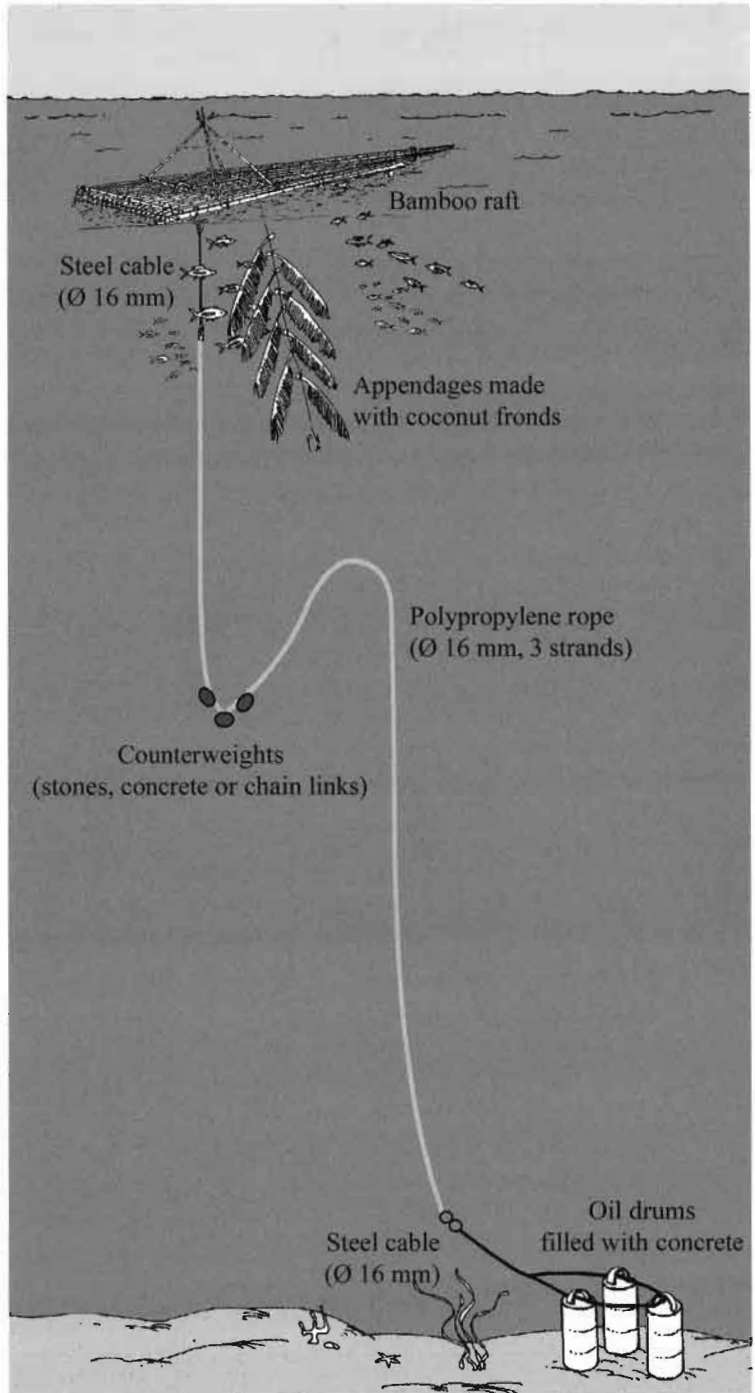
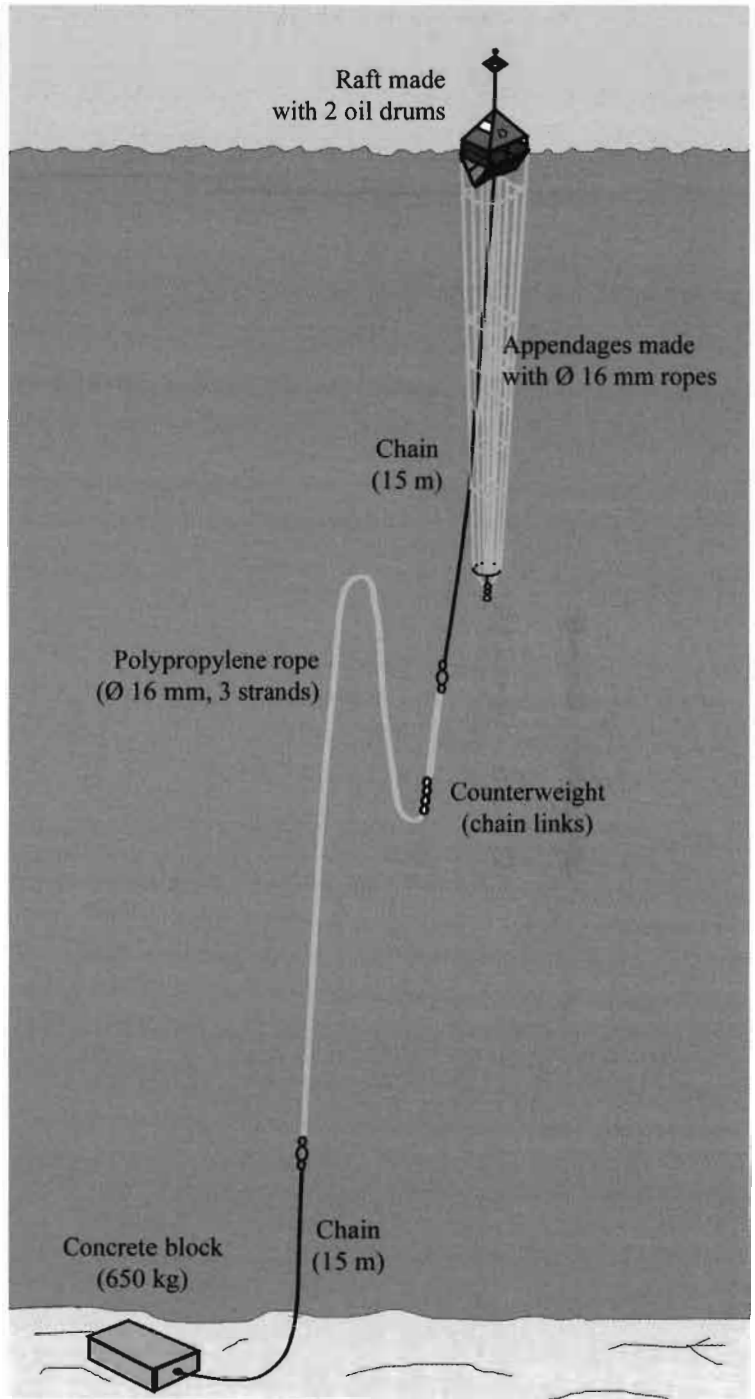


Figure 4
The FAD model developed
in Hawaii (from Matsumoto
et al., 1979).



Key events relating to innovation and adaptation in the zone

Industrial sector

The first countries to adopt the FADs in the region were Fiji and the Solomon Islands where locally based industrial fishing companies, with fleets of purse seine and pole-and-line vessels, were operating. A few minor changes were made by each company to the original model imported from the Philippines according to the availability of materials (Solomon Taiyo Ltd, in Solomon Islands, is now using stainless-steel cable to link the raft to the mooring line (Sibisopere, 2000). In Papua New Guinea (PNG), where three companies are managing around 700 anchored FADs (Kumoru, in prep.), rafts are made of steel to which bamboos and coconut fronds are attached. In recent years, to prevent other fishing boats from cutting the line, a 100-m steel cable, protected by a PVC tube filled with grease, has been inserted at the top of the mooring.

Artisanal sector

From 1979 to 1984, most SPC countries and territories developed their own systems based on the Hawaiian system. According to availability of materials and engineering possibilities within each country, many different types of rafts and anchors were built with very variable success (Boy & Smith, 1984). However, all used the same type of mooring line, i.e. 13-20 mm polypropylene rope with a counterweight to keep it underwater. In mid-1983 the average lifespan of FAD systems was only six months, and concerns were raised on their costs versus benefits.

In 1983, this situation prompted SPC to undertake a region-wide FAD research and development project which culminated in the publication, in 1984, of the handbook: *Design improvements to Fish Aggregating Devices (FADs) mooring systems in general use in Pacific Island countries*. The authors, Richard Boy and Barney Smith, reviewed the systems used in the region and made recommendations on ways to improve them. The FAD model (fig. 5) they recommended was based on three design criteria:

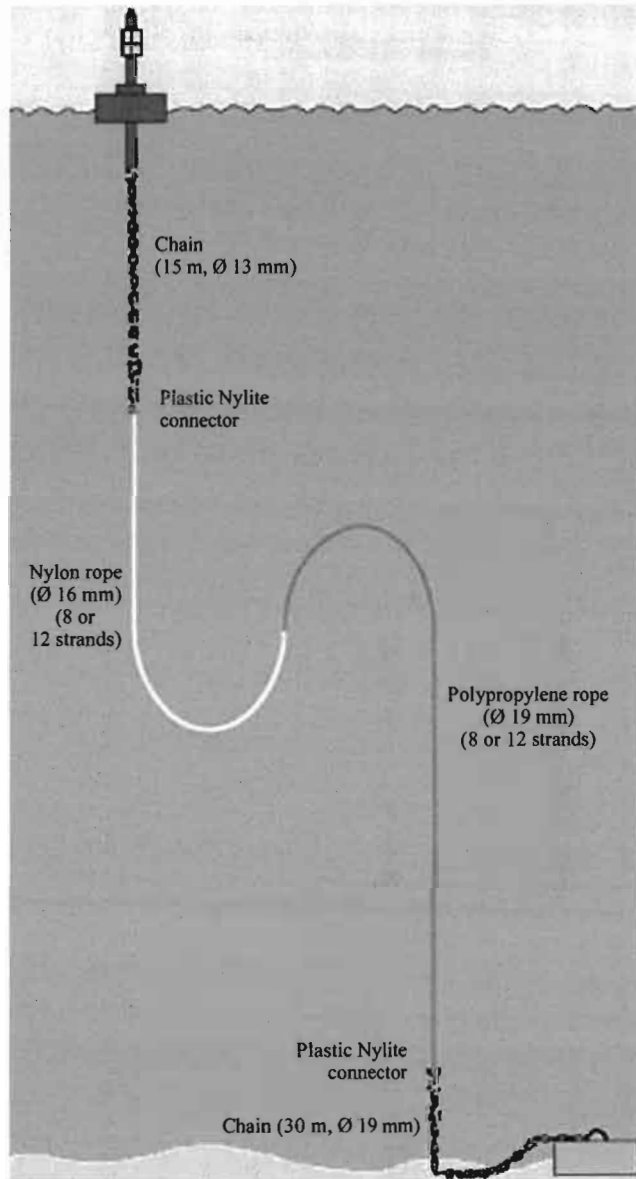
- working-life expectancy of more than two years;
- unit cost within US\$ 3000-4000 range;
- capable of deployment from small vessels (9-18 m).

Main improvements recommended included the use of:

- a catenary-curve mooring line (using sinking Nylon rope in the upper part and floating polypropylene rope in the lower part) to get rid of the counterweight which was a probable cause of line tangling (Preston, 1982);
- non-torque ropes (8 or 12-strand plaited ropes) to avoid kinks when ropes are submitted to extreme loads;
- all hardware made of hot-dip galvanized mild-steel to avoid electrolysis;
- special rope connectors made of plastic (Samson Nylite™) instead of the wire rope thimbles considered to be unsuitable for synthetic ropes.

The new design was progressively adopted throughout the region and by 1989, most countries and territories were reporting longer FAD life expectancy. However, the two-year average lifespan goal was still not achieved and costs in some countries had increased well beyond the limits set.

Figure 5
The FAD model developed
for SPC by Boy & Smith
(1984).



These events led to another phase of FAD development for SPC, which started in 1990. It was aimed at: further improving FAD technology through practical research; establishing standard procedures for all aspects of FAD programmes, from the preliminary planning to the maintenance; and training regional FAD technicians. The programme was finalized between 1996 and 1998 with the publication of the three volumes of the *SPC FAD Manual* (*Planning FAD programmes* (Anderson & Gates, 1996), *Rigging deep-water FAD moorings* (Gates et al., 1996), and *Deploying and maintaining FAD systems* (Gates et al., 1998).

Dynamics of deployments

Original and revised objectives

Three objectives are common to all FAD programmes, regardless of whether they are for the industrial or the artisanal sector: 1) increase production, 2) reduce operational costs and 3) achieve more consistency in the landings over time.

For the artisanal sector, some of the other objectives set by Fisheries Departments when they develop FAD programmes include: reducing pressure on reef resources, increasing safety at sea and supporting or developing sports fishing activities¹.

Meeting these objectives also implies that the costs of FAD programmes do not exceed the benefits they bring. Therefore, extending life expectancy and limiting costs of FADs can also be considered as two important objectives when setting FAD programmes. However, these objectives have very different values for the industrial and artisanal sectors. For industrial fishing operations, the availability of FAD materials is not a problem and replacing lost FADs is done easily by the companies' boats. Therefore inexpensive FADs which last a single season are acceptable. In contrast, for the artisanal sector, FADs are almost always paid for, built and deployed by the public sector. Every action has to be planned well in advance: budgets, if any, have limited flexibility, materials may be hard to obtain, boats used to set and maintain FADs are not always available, so FAD lifespan is the paramount objective. As stated earlier, an average lifespan of more than two years is an objective that has been set by most Pacific Island FAD programmes.

Achievements, adaptations, constraints and difficulties

Industrial sector

The use of anchored FADs in the industrial sector is limited to the two countries that have active home-based industrial fishing companies: Papua New Guinea (~700 FADs) and Solomon Islands (~200 FADs). Little data is available to assess the exact benefits brought by anchored FADs to these fishing companies, but all are recognized to be heavily dependant on these FADs to survive. Solomon Taiyo Ltd, a private company based in the Solomon Islands, estimates that 90% of its purse seiners' catch and 60 to 70% of its pole-and-liners' catch come from fishing around anchored FADs (Sibisopere, 2000).

The companies place anchored FADs in relative proximity to their base. In Solomon Islands, FADs can be placed in territorial waters (within 12 miles of land), in Papua New Guinea, they must be anchored outside of the 12-mile zone, but within archipelagic waters. Until now, the number of FADs set and the distance between FADs are more related to economic

1. The "political" objective is another important one when studying reasons for FAD deployments in the Pacific. Setting a FAD close to a village is a good way to show that something is done for the village. It would probably be interesting to analyse the number of FADs put in place in relation to the proximity of elections; however, it would be hard to put an exact figure on the benefits obtained.

constraints than government regulations, even if there are plans, both in PNG and the Solomon Islands, to put such regulations in place. Distance between FADs varies from 4 to 20 miles. When FADs are placed close together, boats have less distance to travel and are able to check more FADs in one day. But, schools from different FADs can easily mix, which could be a problem if undersized fish from one FAD mix with bigger-sized fish from another FAD. On the other hand, some purse seiners are now associated with several light-boats that gather fish from different selected FADs with appropriate sized fish, to create one school big enough for a set. This is only possible when FADs are not too far apart.

In PNG, three other criteria are used to choose FAD locations: “shallow” depths (to minimize the cost of the mooring line), little current (strong currents put strain on the FAD, are believed to decrease its fish retention rate and make it difficult to set the net) and “low” (<30°C) sea surface temperature, (which means shallow thermocline and easier catches; Kumoru, in prep.).

Another constraint comes from other fishing boats cutting the FAD mooring lines or setting around the FADs with no care, since they are not the owners of the FADs. Some companies in PNG are now using 100 m of cable at the top of the mooring line as prevention.

Artisanal sector

FADs have been deployed in all Pacific Island countries and territories served by SPC, except Pitcairn. If increasing production is the only benchmark used to measure success, it can be considered that all FAD programmes have been successful, as there is no report of a place where FADs “did not work”. However, three categories can be set to evaluate, in more detail, achievements in the region:

- places where FADs have contributed significantly and consistently to fish landings from the artisanal sector (e.g. French Polynesia, Guam, Cook Islands or Niue);
- places where FADs have contributed intermittently to fish landings (e.g. Samoa, Nauru or Vanuatu).
- places where the contribution of FADs to fish landings has been minimal (e.g. New Caledonia, Solomon Islands, Papua New Guinea, Kiribati or the Marshall Islands).

Some constraints and difficulties are common to all FAD programmes in the Pacific. The main one, that has hampered FAD programmes since the beginning despite progress made in design and construction, is the premature loss of FADs due to: adverse weather (cyclones), human intervention (deep fishing lines tangling and severing the mooring, vandalism), fishbite, line break by vessels, etc. Considerable efforts have been deployed to address these problems, but the two-year lifespan set as an objective by most FAD programmes in the region has never been reached. It is interesting to note here that, until very recently, FAD programmes in the region have used exclusively “heavy” FADs (with mooring lines in the 16-24 mm range), following the rather expensive path

set by SPC: “make it strong so it will last”. The other path, followed in part by the industrial sector, “make it cheap, because it won't last”, has almost never been followed in the artisanal sector.

Some examples of achievements, constraints and difficulties encountered in each of the three categories are given below.

Places where FADs have contributed significantly and consistently to fish landings

These are limited to four places in the Pacific, French Polynesia (mainly in the Society Islands), Guam, Cook Islands (mainly in Rarotonga) and Niue, where coastal resources are limited and artisanal fishermen have to rely on oceanic resources.

In French Polynesia, 236 FADs have been set between 1981 and 1997, but most of the programme (70% of FADs set) has been concentrated on the Leeward and Windward Islands where 20 FADs are now permanently kept on station (Leproux, 1998). Interestingly, the main difficulty encountered by this FAD programme is somehow related to its success, since the number of premature FAD losses has been directly correlated with the number of fishermen visiting the FADs. The main fishing technique used around FADs is the midwater drop-stone technique and damage by fishing lines has been reported as the main cause of premature FAD losses. To try to solve this problem, costly protective sheeting has been added to the top 200 m of the FAD mooring line but the effectiveness of this measure is still questioned. This problem is common to all places where midwater fishing techniques have been developed.

In Guam, after experimental trials in the early 1980s, the FAD programme really started in the early 1990s. Following the Coast Guards regulating the authorized number of FAD locations, it has grown from maintaining 4 to 16 FADs on station (DAWR, 1998). Apart from this limitation on the number of FADs that can be maintained on station, the programme has also been constrained to use expensive steel buoys able to carry a radar-reflector and a flashing light for safety of navigation purposes.

On the island of Rarotonga, Cook Islands, the Ministry of Marine Resources has maintained almost permanently a minimum of two FADs on station despite the difficulties encountered in securing overseas aid funds for its FAD programme.

On the tiny island of Niue, there is no lagoon and the fringing reef is extremely narrow. During the last ten years, four to eight “inshore” FADs (\pm 300 m from shore) have been kept on station for canoe fishermen. The fish caught around these FADs (mostly baitfish but also tuna and “mahi-mahi”) is used for home-consumption. One “offshore” FAD (\pm 2 miles from shore) is also set for a few professional fishermen and the two game fishing operators.

Places where FADs have contributed intermittently to fish landings

Several other places in the Pacific also rely on oceanic resources to complement relatively limited coastal resources. But several constraints,

including availability of funds and limited markets, have affected their FAD programmes. When the local economies are not strong enough to support a FAD programme, funding has to be found overseas through aid agencies or bilateral agreements. This type of funding is almost always associated with projects well defined in time (usually 3-5 year projects) and many FAD projects have been interrupted while new funds were looked for.

In Samoa, for example, FAD programmes have been funded through overseas aid funds and were interrupted several times. Nevertheless, FADs have contributed to the development of an important artisanal fishery. Using small, outboard-powered aluminium catamarans ("alias"), Samoan fishermen have gone from deep-bottom fishing for snapper, to FAD fishing for skipjack and small yellowfin tuna, and finally to tuna horizontal longlining, using manually powered longline drums. In 1998, a fleet of 250 of these small-scale longliners have landed more than 7,000 t of tuna (Mulipola & Fa'asili, 1999). Since 1995, the FAD programme has stopped, mainly because of the lack of funds, but also because the fishermen using horizontal tuna longlines did not need FADs anymore. In 1999, the Samoan Fisheries Department has started a new FAD programme aimed at smaller-scale fishermen who are not able to make the initial investment needed to enter the longline fishery.

In Port-Vila, Vanuatu, small-scale fishing operations, using trolling techniques, rely on the FADs set by the Fisheries Department. When the programme was interrupted in 1997, partly because of the lack of funds, most operations stopped, but one was kept active by its manager who decided to finance and set his own FADs (a light model developed from the Martinique-type FAD; Chapman, 1997, René Laurent, pers. comm.). In addition, the charter and sport fishing operators in Port-Vila are now also assisting with financing FADs for their fishing operations.

In the small island of Nauru, FADs, when in place, have contributed significantly to fish landings; prices of fish climb when no FADs are on station. However, FAD programmes, partly because of inconstant funding, have not really contributed to the development of the artisanal sector. When no FADs are on station, artisanal fishermen switch to other techniques.

Places where the contribution of FADS to fish landings has been minimal

In some places like New Caledonia, Papua New Guinea or Solomon Islands, coastal resources are still plentiful. Fishing in coastal waters is easier and usually requires less initial investment than fishing around FADs. Therefore, the need for FADs is marginal and FAD programmes have been run, when funds were available, more on an experimental basis. However, close to urban centres where too many fishermen may be competing for the same coastal resources, FADs have sometimes contributed to the development of small fisheries. In the early 1990s, a FAD was set to the west of Port Moresby, Papua New Guinea, specifically to assist the fishermen of Daugo Island (Fisherman's Island; Beverly &

Cusack, 1993). At this location, around 50 small boats and canoes fished the lagoon, reef and offshore waters. The setting of this FAD greatly assisted the fishermen of this island to increase their catches, with much of the catch landed at Port Moresby's Koki Market for sale.

Appraisal of operations

Use, ecological impact, fishing operation and species composition

The Pacific experience with the effectiveness of FADs has been very positive. All countries and territories in the region have reported that the FADs they have deployed attract fish, although the level of use changes from location to location.

Industrial sector

As has already been stated, the two industrial fishing methods used in the Pacific around FADs are purse seining and pole-and-line. Both methods target surface schools of skipjack tuna and mainly juvenile yellowfin tuna, which often swim together in mixed schools. Some juvenile bigeye tuna are also mixed in the schools at times, plus a range of other by-catch species.

When purse seining a tuna school associated with a moored FAD, a light-dinghy (small vessel with underwater light and generator) is attached to the FAD raft during the late afternoon or night. Before dawn, the raft is detached from the FAD mooring so that the raft and light-dinghy drift away from the mooring, taking the attracted fish with them. Before day-break, the purse seine net is set around the raft and light dinghy encircling the tuna school. As soon as the net is set and the purse seiner has retrieved the first end of the net, the purse line is hauled to close off the bottom of the net, thus closing off any escape for the encircled tuna school.

Many purse seine skippers believe that the baitfish that have congregated around the FAD raft assist in the attraction of tunas, so they make an effort to release as many of these species as possible. In many cases, when pursing is complete and before the net hauling commences, the main boom is lowered on the net side, so that a gap forms between the vessel and the end of the net through which the FAD raft can be slowly towed, allowing the bait, at least in part, to escape (Bailey *et al.*, 1996). The FAD raft is then slowly towed back to the mooring where it is re-attached.

This method takes all fish that have been attracted under the FAD and encircled in the net, including larger yellowfin tuna and a range of by-catch species, including sharks (several species), marlins (several species), rainbow runner (*Elagatis bipinnulata*), "mahi-mahi" (*Coryphaena hippurus*), wahoo (*Acanthocybium solandri*), mackerel scad (*Decapterus macarellus*), and oceanic triggerfish (*Cantbidermis maculatus*).

There is limited data available for the complete species composition list or the numbers and weights of each species taken from moored FAD sets by purse seining. Therefore the following information is provided from

Lawson (1997) as a guide or indication of what could be expected from moored FADs sets, based on purse seine log sets (drifting FADs) in the Western and Central Pacific (WCP) tuna fishery. Overall the by-catch, as identified by observer data, is estimated at 3.0 to 7.3 per cent of the total catch by weight for log sets. A summary of the preliminary estimates of annual catch taken by the American, Japanese, Korean and Taiwanese purse seine fleets is provided in table 3.

Table 3 - Preliminary estimates of annual catches (metric tons) by the American, Japanese, Korean and Taiwanese purse seine fleets in the SPC statistical area for log sets (adapted from Lawson, 1997).

Species	Catch (mt)	Percentage of catch
Skipjack tuna (<i>Katsuwonus pelamis</i>)	228 048	64,32
Yellowfin tuna (<i>Thunnus albacares</i>)	103 472	29,19
Bigeye tuna (<i>Thunnus obesus</i>)	19 800	5,58
Rainbow runner (<i>Elagatis bipinnulata</i>)	1 118	0,32
Sharks (mainly <i>Carcharhinus</i> species)	548	0,15
Mackerel scad (<i>Decapterus</i> spp.)	325	0,09
Oceanic triggerfish (<i>Cantibidermis maculatus</i>)	296	0,08
Other mackerels (unidentified, possibly <i>Decapterus</i> spp.)	284	0,08
Mahi-mahi (<i>Coryphaena hippurus</i>)	183	0,05
Black marlin (<i>Makaira indica</i>)	145	0,04
Blue marlin (<i>Makaira mazara</i>)	99	0,03
Bullet tuna (<i>Auxis rochei</i>)	72	0,02
Barracudas (<i>Sphyraena</i> spp.)	50	0,01
Wahoo (<i>Acanthocybium solandri</i>)	25	0,01
Pacific rudderfish (<i>Psenopsis anomala</i>)	17	0,00
Fish (unidentified species)	15	0,00
Whale shark (<i>Rhincodon typus</i>)	9	0,00
Manta rays (<i>Mobula japonica</i> , <i>Manta</i> spp.)	5	0,00
Ocean sunfish (<i>Mola mola</i>)	4	0,00
Frigate tuna (<i>Auxis thazard</i>)	2	0,00
Sailfish (<i>Istiophorus platypterus</i>)	2	0,00
Broadbill swordfish (<i>Xipbias gladius</i>)	2	0,00
Trevallies (unidentified <i>Caranx</i> spp.)	2	0,00
Pelagic stingray (<i>Dasyatis</i> sp.)	1	0,00
Total	354 524	99,97

Bailey *et al.* (1996) indicate that there is a slightly higher by-catch rate for purse seining catches from moored FADs compared to log sets. This is attributed to the fact that moored FADs are located close to islands and land masses, where by-catch species may be more abundant. In addition, moored FADs are not fished as consistently as logs, thus allowing a possible build-up of by-catch species.

There is strong evidence of stratification of the baitfish and tunas, with the baitfish staying in the upper water column closely associated to the

FAD and the tunas aggregated below. Skipjack tuna tend to aggregate in the upper 20-40 m, with yellowfin tuna further below and bigeye below 110 m (Bailey *et al.*, 1996).

For pole-and-line fishing around moored FADs, the target species are the same as for purse seining (skipjack tuna, juvenile yellowfin tuna with small numbers of bigeye tuna). The fishing operation is simple, the pole vessel approaches the FAD and throws small live baitfish to attract the surface-schooling tunas to the boat. Water is sprayed from the side of the vessel into the water to break the visual outline of the vessel and to simulate baitfish on the surface. Fishermen then use a pole with a short line (less than the length of the pole) and a barbless lure to attract and catch the fish, swinging or “poling” them on board.

By-catch from poling is restricted to larger fish (>1.0 kg) and not bait species, that can be caught on the barbless lures used in this fishing operation. Poling is also a very selective method so that if unwanted by-catch species are caught, they can be released alive or the fishing operation can be ceased to restrict the numbers caught. In the Solomon Islands for instance, only rainbow runner and island bonito (*Auxis thazard*) are retained as by-catch by the pole-fleet for local sale.

Artisanal sector

The artisanal fishery around moored FADs is very different to the industrial fishery. Artisanal fishing methods include trolling, handlining, midwater handlining, vertical longlines and single-hook drift lines. These fishing techniques are employed from a range of vessel types, from traditional canoes to outboard-powered dinghies and catamarans to diesel-powered dories and skiffs. The main species targeted by these methods are skipjack tuna, yellowfin tuna and “mahi-mahi”, although other species like rainbow runner and albacore tuna (*Thunnus alalunga*) are also taken.

The placement of FADs for artisanal fishing influences the species that are attracted. For example, inshore FADs may be set to attract mainly bait species (mackerel scad and bigeye scad, *Selar crumenophthalmus*) that can be caught for eating or for use as bait for other fishing methods. Inshore FADs are generally located within 500 m of the coast or reef, which is the case in Niue where these FADs are specifically set for canoe fishermen (around 300 m offshore), so they can paddle out and fish relatively close to the island. Canoe fishing around these inshore FADs is mainly done with light handlines near the surface, heavier handlines in midwater, with some surface trolling. Similarly in Nauru, the large ocean mooring buoys for the phosphate vessels act as FADs close to shore with many fishermen working around them for bait species as well as tunas in midwater (Chapman *et al.*, 1998).

The more offshore FADs tend to concentrate some baitfish, although the main aggregations are tunas and other larger pelagics (“mahi-mahi”, wahoo, rainbow runner, etc.). Trolling the surface schools of tunas is the most common fishing method employed throughout the Pacific, especially

at first and last light (believed to be the main feeding and aggregating time around the FADs). The size of the tunas caught is generally less than 10 kilogrammes. Traditional trolling or Polynesian pole-trolling use pearl-shell lures attached to a long bamboo pole *via* a length on line. This has given way to the more modern rod-and-reel or rigid trolling lines using monofilament Nylon, synthetic or vynal lures and metal hooks. A description of different trolling techniques used in the Pacific, including FAD trolling, can be found in Preston *et al.* (1987).

Midwater fishing techniques as described in Moarii & Leproux (1996), Preston *et al.* (1998), or Chapman (2000) are mainly used in the Polynesian countries in the region (French Polynesia, Cook Islands, Tuvalu, Kiribati, Niue and Tokelau). These methods target the larger tunas (over 10 kg) that aggregate at depth around many moored FADs and traditional “tuna holes”. The traditional drop-stone method uses a monofilament handline and baited hook. The baited hook and some chum are bound to a flat stone with the monofilament handline and secured with a slipknot. The stone is then dropped over and allowed to sink to the desired depth where the line is held and jerked to release the slipknot. The stone then unwraps from the line and sinks to the bottom, leaving the baited hook and chum at the desired fishing depth. A Hawaiian version of this method called “palu-ahi” is also used. This method replaces the stone with a lead weight and cloth which remains attached to the line, with the gear used in a similar manner to the drop-stone method (Chapman, 2000).

Vertical longlining is also used around moored FADs to fish for the larger tunas in the water column by presenting baited hooks at a range of depths (usually 10-20 m apart) from the surface to depths of over 400 metres. Using this and other midwater techniques does not result in large numbers of fish being caught, although the weight per fish usually makes up for the lower numbers taken. Again, these methods are very selective and apart from sharks, all fish taken can be sold or eaten locally. These fishing methods, especially trolling, are also used by recreational fishermen, sport fishermen and charter fishing operations around moored FADs. These sectors are growing as more people have money to purchase vessels for fishing, and FADs provide a logical place to go to maximize the chance of catching fish.

Boat type, fleet size, technology impact, and vessel operation

Industrial sector

The purse seine fleet that operated in the statistical area of the SPC in 1998 consisted of 152 distant water vessels from five countries (America, Taiwan, Japan, Korea and the Philippines), with an additional 30 vessels locally-based from five (Papua New Guinea, Federated States of Micronesia, Vanuatu, Solomon Islands and Kiribati) of the 16 member countries of the Forum Fisheries Agency (FFA). It is estimated that the total purse seine catch of tuna landed from the WCP was 886,500 mt in 1998 (Cartwright, 1999). From the purse seine catch in 1998,

provisional estimate show that 363,390 t came from log sets, 120,051 t from drifting FAD sets, and 33,259 t came from moored FAD sets. Figure 6 presents the estimated annual purse seine catch in the WCP for log, drifting FAD, and moored FAD sets (source: SPC database).

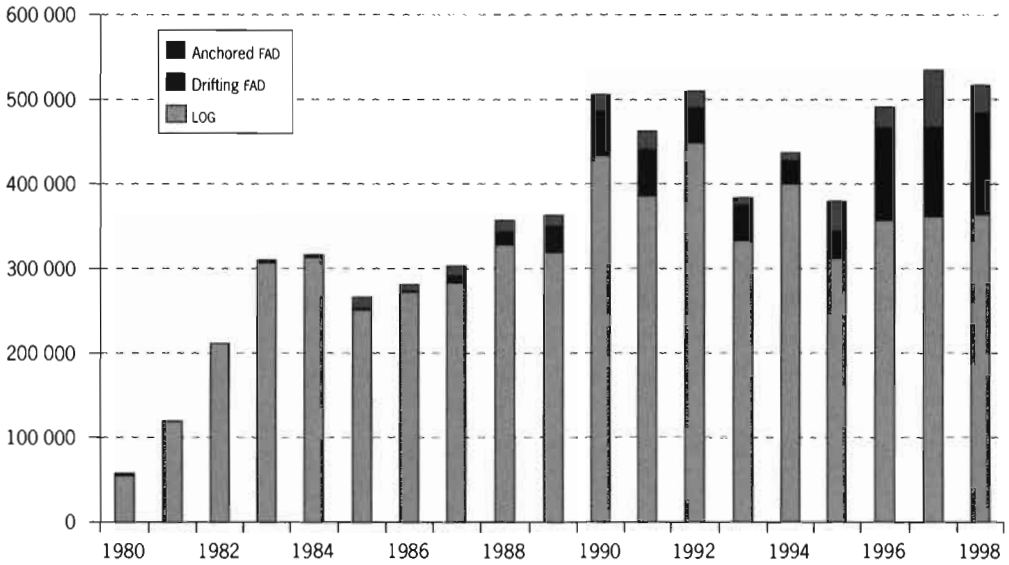


Figure 6
Estimated annual purse seine catch for log, drifting FAD, and moored FAD sets in the WCP (1980-1998; source: SPC Oceanic Fisheries Programme; 1998 values are provisional).

The purse seine fleet is mainly made up of vessels in the 60-70 m range with a gross registered tonnage (GRT) of 1,000-1,550 t (carrying capacity of 800-1,200 t of frozen tuna). Only a couple of vessels are over 70 m in length, while the smallest purse seiner on the FFA regional register in 1998 was 36 m with a GRT of 443 tons. These vessels usually stay at sea until the fish hold is full and then they may travel to a cannery to unload, tranship through shore facilities to a cannery of their choice or tranship to a carrier vessel in the region they are fishing. In many cases, the purse seiners will stay at sea for months at a time, fishing and transhipping the catch as they follow the fish across the WCP. Many of the larger purse seiners have helicopters to assist in locating free-swimming schools of tunas, and to a lesser extent, logs and FADs. Table 4 summarises the percentage of sets by set type for the purse seine fleet in the WCP. This table shows that the fishing practice has changed dramatically in 1999 for the US purse seine fleet (the largest users of helicopters) as this fleet has moved away from fishing free-swimming schools (46.9% in 1998 down to 5.8% in 1999) and concentrated more of drifting FAD sets (23.2% in 1998 up to 86.1% in 1999). The changes in fishing practice for other fleets do not appear to be as marked, although the Japanese fleet has changed in a similar fashion to the US fleet (source: SPC database).

When fishing drifting FADs, a purse seiner will usually drift by it in the afternoon and use both echo-sounder and sonar to locate the aggregated fish to assess the size of the aggregation (tonnage). If the aggregation

is small, the vessel may move to another FAD. If the aggregation is considered large enough, then the vessel makes ready as described in the previous section for a pre-dawn set.

Table 4 - Percentage of sets by set type for purse seine operations in the WCP (source: SPC database). "Others" comprises purse seiners from Korea, Taiwan and Pacific Island countries.

Year	Japan				USA				Others			
	Free swim.	Log	Drift. FAD	Anch. FAD	Free swim.	Log	Drift. FAD	Anch. FAD	Free swim.	Log	Drift. FAD	Anch. FAD
1988	35,3	59,6	0,3	0,0	78,1	21,0	0,4	0,0	14,9	52,3	12,5	11,5
1989	41,4	54,2	0,8	0,0	79,2	20,1	0,1	0,0	20,9	54,4	12,5	9,3
1990	38,9	54,2	0,4	0,0	81,4	18,1	0,1	0,0	13,9	62,4	13,3	9,0
1991	53,7	37,1	0,8	0,0	91,7	7,7	0,0	0,0	18,3	57,9	13,3	7,7
1992	48,8	42,2	2,5	0,0	76,8	22,5	0,1	0,0	33,5	51,4	6,7	6,3
1993	54,5	38,1	0,5	0,0	71,5	27,9	0,0	0,0	49,2	40,8	5,0	2,3
1994	42,8	50,7	0,8	0,0	84,5	14,6	0,0	0,0	45,2	48,6	2,9	1,4
1995	50,7	40,6	1,6	0,0	77,9	21,1	0,5	0,0	54,5	37,4	3,3	3,6
1996	43,6	47,8	1,4	0,0	55,7	12,9	30,4	0,0	51,0	39,0	5,9	3,6
1997	36,7	53,5	4,6	0,0	43,6	27,1	29,2	0,0	47,4	34,3	7,8	9,6
1998	42,1	40,4	9,1	0,0	46,9	29,5	23,2	0,0	57,8	24,1	9,4	8,0
1999	28,4	30,7	34,1	0,0	5,8	7,9	86,1	0,0	46,7	25,4	18,0	9,2

Very little of the purse seine catch in the WCP comes from moored FADs (tab. 4). Only two countries in the Pacific region have purse seining operations using moored FADs at present, Papua New Guinea (joint venture between PNG and Filipino companies, with Filipino vessels) and the Solomon Islands. In these two countries, the government has left FAD development and deployment to the industrial sector. These fishing operations rely almost entirely on the moored FADs to aggregate and hold fish close to the bases where the catch will be unloaded, rather than having the catching vessels to follow the tunas as they move across the WCP. In addition, during the mid-1980s, two New Zealand purse seiners fished in the EEZ of Fiji almost exclusively setting on a large network of anchored FADs (Bailey *et al.*, 1996). In each of these cases, the fish has been landed in-country to local tuna canneries for processing.

Pole-and-line fishing operations have reduced over the last two decades as a result of high operating cost compared to the value of the landed catch. Japan in 1998 had a total of 44 pole-and-line vessels on the FFA regional register as vessels working in the WCP. These vessels ranged from 25-66 m in length (76-721 GRT), with most vessels in the 50-55 m range (350-499 GRT). In 1997, the Japanese poling catch of tuna from the WCP was around 40,000 t (Cartwright, 1999).

The Solomon Islands are the only Pacific country with a significant pole-and-line fleet. There are 27 pole-vessels, owned and operated by two companies. The vessels range from 21-29 m length (50-80 GRT) with two vessels around 36 metres. The pole fishery relies heavily on the moored FADs set by the two companies for their catch. In 1998, around 22,200 t of tuna were taken by this pole fleet (Cartwright, 1999) and

it is estimated that 60-70 per cent of this catch came from moored FADs (Sibisopere, 2000), with the rest coming from free-swimming schools and schools associated with drifting logs.

Pole-and-line operations are very intensive labour and require daily access to baiting grounds (baiting done at night using light attraction and a “bouke-ami” net) to catch the live bait needed for the fishing operation. Fishing operations commence before dawn, when the pole vessels head from the baiting ground to the FADs. Good navigational equipment is required for locating the more offshore FADs, especially in the morning twilight. When not fishing FADs, some pole vessels are fitted with “bird radar” to locate small patches of seabirds that may be associated with feeding tuna schools.

Artisanal sector

It is difficult to place a value on vessel numbers and vessel types when looking at the artisanal fisheries in the region that work around moored FADs, due to their diversity by location. The main common factor is that trolling activities are undertaken mainly at daybreak and late afternoon. The vessels normally return to port midmorning or in the evening to unload the catch for sale. Alternatively, midwater fishing activities can be undertaken at any time during daylight hours, with some trolling vessels conducting midwater fishing activities around the FADs before they return to port. Vessels involved in this fishery are generally low-technology vessels, equipped with a compass, possibly a GPS, and a radio. This also holds true for many recreational fishermen, sport fishermen and charter operators.

It is difficult to come up with any specific vessel designs and numbers for the region as a whole. Therefore, a few examples of specific vessels and possible locations are provided as a sample of the large variety of craft used.

In Tahiti, French Polynesia, Leproux (1998) estimated that in 1996 there were around 900 small-scale vessels that worked the 21 moored FADs for varying amounts of time. The 900 vessels were split into three groups with 200 commercial “poti-marara” (5-7 m outboard-powered

Figure 7
“Poti-marara”: type of vessel
used in French Polynesia
and the Cook Islands.



boats built locally; fig. 7), 200 recreational and semi-commercial “poti-marara”, and 500 recreational vessels of varying construction. The Cook Islands also use the “poti-marara”-style vessel, although the numbers are much less than in French Polynesia.

Traditional and modified canoes are used in many locations (Niue, Nauru, Kiribati, Tuvalu, Tokelau) for tuna fishing around FADs. These canoe designs vary considerably from country to country, although most incorporate an outrigger for stability. Some of these canoes now have small outboard engines fitted, so that the fisherman does not have to paddle (fig. 8). These canoes range from 4 to 9.5 m length, with many made from sawn timber and plywood.

Figure 8
Canoe from Kiribati fitted
with a small outboard.



A range of 4 to 8.5 m fibreglass, aluminium and timber (including plywood) skiffs, dinghies and dories are also used throughout the region in varying numbers by location. In some locations, larger fibreglass vessels (8.5-14 m) are found, mainly associated with sport fishing and charter fishing operations. The “alia” catamaran developed in Samoa (fig. 9) has also been used for FAD fishing in several countries in the region, although most of its work has been in Samoa and American Samoa.

Figure 9
Samoaan “alia” catamaran
used for trolling around
FADs.



Impact in terms of catches, markets and supply

The vast majority of the tuna catch in the WCP region is taken by the industrial sector, mainly purse seining, with very little of this catch coming from moored FADs. Therefore, the overall picture of tuna catches in the region is presented here, with more specific information on catches from moored FADs presented where available.

Industrial sector

The catch from the industrial purse seine and pole-and-line fisheries is primarily frozen on board the catching vessels, with the vast majority of it sold to canneries around the world. The price paid is a “world price” and it fluctuates greatly based on supply and demand. For instance, good fishing in the WCP, Indian and Atlantic Oceans at the end of 1998 pushed prices down from a nine-month average of around US\$ 1,050/t to around US\$ 550/t (Cartwright, 1999). Such fluctuations place the burden back on the fishermen who have to make ends meet. This has also attributed to the ageing of the purse seine fleets in the Pacific as people or companies are reluctant to increase investments in a fishery that may cost them if prices are low. In the case of pole-and-line vessels, fluctuating purchase price for tuna greatly contributed to the reduction in vessel numbers and the ageing of the fleet that remains.

Many canneries have a minimum size for tunas of around 1.8 kg (4.0 lb), as fish below this size increase the cost per kilogramme in the canning process. As a disincentive to fishermen, the canneries usually pay a much lower price for fish below this size, which in some cases leads to sorting and discarding of these fish at sea by the operators.

By-catch taken in purse seine fishing operations is usually discarded at sea with some retained by the crew for their own consumption, as many canneries do not want to purchase many of the by-catch species and the purchase price is generally low as a disincentive. Additionally, in many countries where industrial vessels unload their catch, either to canneries or for transshipment, local regulations forbid the sale of fish by these vessels on the local market (as protection for local operators in many cases).

At the tuna cannery in the Solomon Islands, the annual throughput of raw material is around 20,000 t, with 60 or 70 per cent of this fish coming from FAD fishing. Of this, 75 per cent are used in canning whilst the other 25 per cent are cooked and hot-smoked to make arabushi (heavily smoked tuna loins) for export to Japan. Mainly pole-caught tuna are used to make arabushi in the Solomon Islands, with other pole-caught tuna shipped frozen to Japan for processing to arabushi and then kat-subushi. The market for arabushi seems to be stable although any large increase in production may affect this.

Artisanal sector

Just about all tunas caught by artisanal fishermen from moored FADs are sold locally on domestic markets as fresh fish. In most cases, the fish

is sold directly to the public by the fisherman or family members. Supply is generally seasonal and therefore supply and demand during the main fishing season may force the price down. Most fishermen will drop their price to sell the catch when there is a lot of fish for sale, or it is the end of the day, as they do not have the facilities to freeze and store excess catch for marketing at other times of the year.

In more specific situations, like in Rarotonga in the Cook Islands, the demand for fish far exceeds the supply, even during the main tuna season. This means that the price of fish is high compared to other imported protein sources. In Niue, a different situation exists as most people catch their own fish and there is only a small local market for fish sales.

Economic impact

Industrial sector

In the industrial sector, the cost of FADs has been included in the overall cost of fishing operations. Anecdotal information indicates that the value of the catch from only one good set on a FAD by a purse seiner (after operating and marketing costs are deducted), is enough to cover the cost of the FAD. Therefore, additional sets on the same FAD over time should increase the profitability of the operation, or may cover the cost of FADs, which are lost before being fished. For pole-and-line operations, the main cost savings are in the lower operating costs (do not have to search for fish, just go from one FAD to another), and the greater chance of locating and catching fish (and good catches). The bottom line in the industrial sector is that if the use of FADs was not cost effective they would stop using them.

Artisanal sector

There is plenty of anecdotal information around to support the benefits of FADs to artisanal fishing operations. However, it is difficult to measure the economic impact of FADs in the artisanal sector in real terms, as limited hard data has been collected.

In the Cook Islands, Sims (1988) conducted a one-year creel census of the artisanal offshore fishery off Rarotonga, in an effort to investigate the cost-benefit of FADs. Catches were recorded with volume and value of landings for different categories of fishing including FAD fishing. Trolling around FADs was found to be US\$ 0.48 per line-hour more productive than trolling elsewhere, with increased landing valued at US\$ 5,460. Landings from midwater fishing around FADs were worth US\$ 13,780. The three FADs off Rarotonga were only in operation for 46 per cent of the survey year, yet still produced a 312 per cent return on expenditure (Sims, 1988).

Research in American Samoa in the early 1980s produced a slightly different result to that of the Cook Islands. In this case, trolling catches from FADs were compared to catches from open water and to catches from offshore banks. Buckley *et al.* (1988) reported that the best catches

were achieved from the offshore banks at 31.0 kg per hour, followed by FADs with a catch rate of 21.0 kg per hour, with trolling in open water producing a catch rate of 5.8 kg per hour. It was also noted in Buckley *et al.* (1988) that the size of the yellowfin tuna and skipjack tuna caught around FADs was smaller than in the other locations.

Data was collected from the Daugo Island fishermen off Port Moresby, following the deployment of a FAD in August 1992, approximately 5.5 nautical miles off the island. For the period January to March 1993, the average fishing time per day around the FAD was 6.4 hours, resulting in an average catch of 56 fish for a weight of 119 kg (Beverly & Cusack, 1993). This catch had a value of US\$ 184.00 with the fuel usage of 40 litres (estimated cost of US\$ 17.00). The total catch in this three-month period was 2,622 kg, with a value of US\$ 6,610 (Beverly & Cusack, 1993). The handful of fishermen involved in this fishery were reporting a good profit from their FAD fishing activities.

In French Polynesia, Depoutot (1987) looked at the domestic surface pole-and-line “bonitier” fishery and the catch difference between FAD and non-FAD fishing activities. The results indicated that FAD fishing provided a 33 per cent increase in catch. Another study conducted in French Polynesia by Josse (1992), compared catch rates from “poti-marara” vessels when FAD and non-FAD fishing activities were undertaken. The results showed that for non-FAD fishing, the catch rates were 5.0 kg/hour for surface fishing (65% “mahi-mahi”, 25% tunas, 10% others) and 2.7 kg/hour for drop-stone fishing (midwater handlining) in tuna holes (98% albacore and yellowfin tuna). FAD fishing produced a catch rate of 9.2 kg/hour (95% albacore and yellowfin tuna), much higher than the non-FAD fishing catch rates.

Some analysis of fishing around two FADs off Suva in Fiji has been reported in Anderson & Gates (1996). Prior to the deployment of the two FADs in late 1991, the average annual catch of tunas was 154 t from 1983 to 1991. In 1992 and 1993, this catch increased to 240 and 260 t respectively. Good catches of larger tunas, up to 80 kg, were also reported from these FADs by five small-scale vessels. After changes in handling practices and the use of ice, the value of these large fish to the fishermen increased from US\$ 2.00/kg to US\$ 5.00/kg as they were exported. In the Suva fish market, the FAD fishery contributed a significant quantity of fish to the overall total, especially early in the week when there were more FAD-caught fish for sale than reef fish (Anderson & Gates, 1996).

A study by Cillauren (1990) was conducted off Efate, Vanuatu, on the economic viability of fishing around FADs. The results indicated a troll fishery around the FADs was not viable due mainly to the high running costs through travel time to and from the FADs (two hours in each direction), with only a very small profit made per trip. If parameters like a reduction in fuel cost or an increase in efficiency of fishing effort were to occur, then this would change the economics of fishing operations, and profits increased.

More recently, SPC assisted the Nauru Fisheries and Marine Resources Authority (NFMRA) to deploy several FADs in 2,600 m of water (around 3.5 nautical miles off the coast). NFMRA as part of their programme implements a data collection system and during the first three months of data collection, over 24,500 kg of tuna was taken from the three FADs, with most of the catch from one FAD (Capture Section, 1997). If the fish were sold for an average price of US\$ 2.60/kg, then the landed value of the catch would be just under US\$ 65,000. Just prior to the FAD deployments there was a fish shortage on Nauru, which was alleviated by deployment of the FADs. Unfortunately, the most productive FAD was lost after four months and the landings greatly reduced.

Review of capacities and activities

Catch monitoring

Monitoring of the industrial catch of tunas by purse seine and pole-and-line is mainly done through log books, which vessel skippers are required to complete under different fishing agreements or government regulations. This data is collected by the member countries and territories of the SPC, with SPC itself being the repository for this data. SPC has all of this data keyed into a database and uses the data in regional stock assessments for skipjack, yellowfin and bigeye tunas.

In addition to the log book data, both regional and national (some countries) observer programmes have been established to validate the log book data, provide information on changing fishing practices and collect other additional data and biological samples as needed. Also, a vessel monitoring system (VMS) is currently being implemented in the region to better validate the actual fishing location of vessels.

Wherever possible, fishermen from the industrial sector are being encouraged to divide their fishing operation into fishing locations. That means for purse seine sets, whether the set was on a log, drifting FAD, moored FAD, free-swimming school, etc. Observer data is already split in this fashion, however, this is only a small fraction of the actual data for the tuna fishery in the Pacific at present. It is hoped that fishermen will soon supply more specific data to assist in dividing the catch by situation.

Unfortunately, monitoring of the catch from artisanal fishermen fishing around FADs has been minimal to non-existent throughout the region. In New Caledonia, a log book system is in place; however, the information is not specific enough. In Vanuatu, a catch return system was introduced to qualify fishermen for duty-free fuel. In this case, there was no validation of the data and it was felt that people were completing catch returns with erroneous data just to get the duty-free fuel. In the Cook Islands a different approach is used, with anecdotal information collected from fishermen on Friday afternoons in a social situation. In most other countries and territories in the region, no formal recording of data is required.

FAD maintenance

The industrial sector tends to use basic low-cost materials wherever possible in the construction of their moored FADs. This approach allows the companies to recoup costs quickly (one set by a purse seiner), which makes the FADs an “expendable” item. The one part that is maintained or changed from time to time is the FAD raft and its appendages (if used). This is usually a very low-cost component that is attached to the FAD mooring buoy.

Artisanal sector FADs are generally set by the Fisheries Department in the country, as in most cases they are considered as a “community” item. Some countries do regularly maintain the FAD buoy, appendages if used, and upper hardware (Guam, French Polynesia, Niue, Cook Islands, New Caledonia), although the time between maintenance visits fluctuates (2 weeks to 2 months). FADs are usually inspected visually, through diving. Quite often weather and sea conditions greatly influence when maintenance trips are undertaken.

Institutional integration, regulations and arrangements, fishery policy, monitoring of access and dispute management

The setting of FADs by the industrial sector only occurs in two countries in the region at present, Papua New Guinea and the Solomon Islands. In both cases, new government requirements are being implemented to better manage where FADs are set and the procedures. In Papua New Guinea, the government has moved towards managing the numbers of FADs being set, with additional requirements covering identification markings, the use of radar-reflectors and the provision of positions to the Fisheries Department. There is concern over the possible interaction of FADs on the expanding domestic tuna longline fleet's operation, although it is unclear at present how this will be addressed.

Under the new Solomon Islands National Tuna Management and Development Plan (the Plan; Solomon Islands Government, 1999), a register is being established to record all FAD deployments (moored and drifting) and losses. Operators need to let the Fisheries Division and Marine Division know of intent to deploy FADs, and once deployed, the number and position of each device. The Marine Division then publishes the position of all FADs for maritime safety. Companies are required to report every three months with an updated list of FADs and their positions plus any FAD losses.

In the case of the Solomon Islands, moored FADs need to be clearly marked with the owner's identification and be fitted with a radar-reflector or reflecting tape. The Plan covers who can set FADs and any restrictions that apply based on the fishing licenses being held by a company. The Plan also looks at the possibility of future restrictions on the number of FADs to be set and the distance between FADs, although no restrictions apply at present. In addition, the Plan specifies an exclusion zone of five nautical miles around inshore FADs, where only

the company who deployed the FAD can operate. It is unclear if this exclusion zone applies to artisanal operators. Areas that the Plan does not address include the monitoring of access around FADs and a mechanism to resolve disputes.

The requirements for setting FADs for the artisanal sector, and the Government Departments involved, change from country to country. The Fisheries Department in most cases takes the primary role, although it may choose, or be required, to consult with local fishermen or other departments. In countries like Guam and American Samoa, the Fisheries Department works with the Coast Guards to select suitable sites and these are generally restricted in number. In other locations, the Fisheries Department may consult with the Marine Department to ensure that FADs are located outside shipping lanes, or with local fishermen to gain advice on areas where tuna tend to congregate.

Some countries have regulations in place to prevent fishermen from tying fishing gear or their vessel to FADs. Other countries have “gentlemen’s agreements” between the fishermen regarding the fishing operations around FADs. In some locations like the Cook Islands, troll fishermen feel that mid-water fishing takes the fish away from the surface, which they believe affects their trolling catch. Vandalism has also been a problem in some countries in the past, and regulations are in place to cover this. The problem here is that there is no monitoring or policing, which makes it almost impossible to detect and prosecute offenders. Likewise, there is no mechanism in place to resolve disputes should they arise.

FADs, cost recovery and fostering ownership

In the industrial sector, all costs for the FADs are covered by the sector, although it is unclear about actual ownership or exclusive fishing rights. As stated in the previous section, the Solomon Islands have implemented a five-nautical-mile exclusion zone around company FADs. However, how is this to be monitored and enforced and does this apply to just the industrial sector or does it include the artisanal sector?

Fisheries Departments around the region have looked at cost recovery from the users of FADs as a way to assist in the funding of ongoing FAD programmes for the artisanal sector. In two countries, Vanuatu and the Cook Islands, this approach has been taken on board informally, with a portion of the cost of FADs being borne by the users. In Vanuatu, one commercial operator and the charter fishing operators have contributed financially to the cost of several FADs, plus they have assisted with the construction and deployment. In the Cook Islands, the Fisheries Department is recovering around 15 per cent of the cost of FADs from the commercial fishermen in the first instance.

In all cases, the FADs deployed by Fisheries Department for the artisanal sector remain community property, that is, there is no ownership and all people have equal rights to fish around them. The question here is whether or not vessels from the industrial sector can fish around FADs

deployed for the artisanal sector, which was the case in Fiji for pole-and-line fishing operations in the 1980s. Apart from the Solomon Islands where it is not clear, no private citizen can set their own moored FADs. Some countries have considered allowing fishermen to deploy FADs to cut costs for the government, although in these considerations it has been clear that they would not have exclusive fishing rights, they would have to allow everyone access to the FAD.

Overall there is an ongoing debate regarding the allocation of exclusive fishing rights based on having a FAD. If applied in the case of the Solomon Islands, a company could set a large number of FADs spacing them 10 nautical miles apart and effectively annex off a large section of fishing area for their exclusive use. From the industrial sector's point of view, this is probably preferable as it keeps other companies out. However, from an artisanal fisherman's point of view, such an approach could be devastating to small-scale fishing operations.

Conclusion

There are many conclusions that can be drawn from this synthesis. The most important of these is that FADs do work in regard to attracting tuna and other species, both in the industrial and artisanal sectors. However, much of the information regarding the artisanal sector, in support of FADs and their success, is anecdotal. There is a real shortage of accurate, documented evidence or data, not just on catches, but also on the economic benefits of FADs.

Success of anchored FADs in the artisanal sector is also very hard to determine due to the diverse nature of the programmes run in the region by different countries. In some countries where there would appear to be a real need for moored FADs, programmes are intermittent due to funding constraints, while in other countries the opposite may apply.

In the industrial sector, data is much more available and it is being refined all the time to break down catches by area and type of fishing operation. In regard to the success of FADs in this sector, companies would not continue using them unless they were economically viable. One important fact for the operations in Papua New Guinea and the Solomon Islands is that the use of FADs has allowed the companies to fish year-round in specific locations close to their fishing base (or marketing base) so that vessels do not have to follow tunas as they move around the WCP. This has greatly reduced operating costs for the vessels, especially pole-and-line fishing operations, thus adding to the viability of this fishing style in the Solomon Islands. It also assists the shore facilities to have a steady supply of raw materials year-round.

Some of the issues that are yet to be resolved include: increasing the lifespan of FADs whilst keeping costs to a minimum; ownership of FADs and who can fish around them; ongoing funding for artisanal

FAD programmes including cost recovery from the users (or the user pays principle); dispute resolution; how to monitor fishing activity; and how to collect better catch data and data for cost-benefit analysis. Addressing these issues will allow a better understanding of the true value of these devices to fishing operations, both industrial and artisanal.

Bibliographic references

- Adams T.J.H., 1996. Governance of fisheries and aquaculture in the Pacific Islands region. Review Paper for 3rd Dialogue on the ACP-EU Research Initiative, Belize, December 1996.
- Adams T.J.H., Dalzell P.J., Farman R., 1996. Status of Pacific Island coral reef fisheries. 6th International Coral Reef Symposium Proceedings, Panama.
- Anderson J., Gates P., 1996. South Pacific Commission Fish Aggregating Device (FAD) Manual. I: Planning FAD programmes. SPC, Noumea, New Caledonia, 46 p.
- Bailey K., Williams P., Itano D., 1996. By-catch and discards in Western Pacific tuna fisheries: a review of SPC data holdings and literature. Oceanic Fisheries Programme, SPC, Noumea, New Caledonia. Tech. Rep., 34, 171 p.
- Beverly S., Cusack P., 1993. Report of a pilotfish aggregation device (FAD) development off Port Moresby, Papua New Guinea (27 June to 8 August 1992). SPC, Noumea, New Caledonia, 29 p.
- Bigelow K.A., Hampton J., Miyabe N., 1999. Effective longline effort within the bigeye habitat and standardised CPUE. 12th meeting of the Standing Committee on Tuna and Billfish, 16-23 June 1999, Papeete, French Polynesia.
- Boy R.L., Smith B.R., 1984. Design improvements to Fish Aggregation Device (FAD) mooring systems in general use in Pacific Island countries. SPC, Noumea, New Caledonia. SPC Handb., 24, 77 p.
- Buckley R.M., Itano D.G., Buckley T.W., 1988. Fish Aggregation Device (FAD) enhancement of offshore fisheries in American Samoa. SPC Inshore Fisheries Resources Workshop, 14-25 March 1988. SPC, Noumea, New Caledonia. Backgr. Pap., 69, 20 p.
- Capture Section. 1997. Technical assistance to Nauru. SPC, Noumea New Caledonia. SPC Fish. Newslet., 83, 2-4.
- Cartwright I., 1999. The tuna fishery of the Western and Central Pacific: opportunities for investment. *In: Asia-Pacific Fishing '99*, Cairns, Australia, 6-7 July, 1999. Baird Publications, Melbourne, Australia. Conf. Pap., 183-190.

- Chapman L., 1997. Fishing around Fish Aggregating Devices (FADs) in Vanuatu. July-September 1997. SPC, Noumea, New Caledonia. SPC Fish. Newslet., 82, 27-32.
- Chapman L., 2000. Small-scale FAD-associated fishing techniques used in the Pacific region. *In*: Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons. Le Gall J.-Y., Cayré P., Taquet M. (eds). Éd. Ifremer, Actes Colloq., 28, 346-355.
- Chapman L., Watt P., Wellington P., Mead P., 1998. Capture section report of Fish Aggregating Device (FAD) sire surveys, construction, and deployment assistance to the Republic of Nauru (4 April-2 May 1990; 15-26 October 1991; 6-14 March 1993; 28 April-2 May 1993; and 14-23 November 1997). SPC, Noumea, New Caledonia, 42 p.
- Chikuni S., 1978. Report on fishing for tunas in Philippine waters by FAO-chartered purse seiners. I. Exploratory fishing and biological features of resources. United Nations Development Programme, South China Sea Fish. Dev. Coord. Program. SCS/78/WP/74, 1-44.
- Cillauren E., 1990. Initial analysis: economic viability of ships fishing around FADs off the south-west coast of Efate. 22nd Regional Technical Meeting on Fisheries. SPC, Noumea, New Caledonia. Work. Pap., 13, 8 p.
- Dalzell P.J., Adams T.J.H., 1996. Sustainability of reef fishing in the South Pacific region. Proceedings of the 6th International Coral Reef Symposium, Panama, June 1996.
- Dalzell P.J., Adams T.J.H., Polunin N.V.C., 1996. Coastal fisheries in the Pacific Islands. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, 34, 395-531.
- DAWR, 1998. Marine fish habitat improvement and Fish Aggregating Devices, 1 October 1997 to 30 September 1998. Division of Aquatic and Wildlife Resources (DAWR), Guam. Job Progr. Rep., F-4D, 5 p.
- Depoutot C., 1987. Contribution à l'étude des dispositifs de concentration de poissons à partir de l'expérience polynésienne. Notes Doc. Océanogr. Cent. Tahiti Orstom, 33, 170 p.
- De San M., Pages A., 1998. FAD-The Western Indian Ocean experience. SPC, Noumea, New Caledonia. SPC FAD Inf. Bull., 3, 24-29.
- Gates P., Cusack P., Watt P., 1996. South Pacific Commission Fish Aggregating Device (FAD) Manual. II: Rigging deep-water FAD moorings. SPC, Noumea, New Caledonia, 43 p.
- Gates P., Preston G., Chapman L., 1998. Secretariat of the Pacific Community Fish Aggregating Device (FAD) Manual. III: Deploying and maintaining FAD systems. SPC, Noumea, New Caledonia, 43 p.

- Hampton J., Bigelow K., Labelle M., 1998. A summary of current information on the biology, fisheries and stock assessment of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the Pacific Ocean, with recommendation for data requirements and future research. Oceanic Fisheries Programme, SPC, Noumea, New Caledonia. Tech. Rep., 36, 46 p.
- Johannes R.E., Lam M., 1999. The live reef food fish trade in the Solomon Islands. SPC, Noumea, New Caledonia. SPC Live Reef Fish Bull., 5, 8-15.
- Josse E., 1992. Different ways of exploiting tuna associated with Fish Aggregating Devices anchored in French Polynesia. *In*: Proceedings of the international workshop on the ecology and fisheries for tunas associated with floating. Scott M.D., Bayliff W.H., Lennert-Cody C.E. & Schaefer K.M. (comp.). Spec. Rep. I-ATTC, 11, 14 p.
- Kumoru L., (in prep). The ecology of by-catch species in a FAD-based tuna purse seine fishery in Papua New Guinea.
- Lawson T.A., 1997. Estimation of by-catch and discards in Central and Western Pacific tuna fisheries: preliminary results. Oceanic Fisheries Programme. SPC, Noumea, New Caledonia. Intern. Rep., 33, 30 p.
- Leproux F., 1998. Bilan "dispositifs de concentration de poissons" en Polynésie française. Service des Ressources Marines (SRM), Papeete, French Polynesia. Intern. Rep., 12 p.
- Matsumoto W.M., Kazama T.K., Aasted D.C., 1979. Anchored Fish Aggregation Devices in Hawaiian waters. 11th Regional Technical Meeting on Fisheries. SPC, Noumea, New Caledonia. Work. Pap., 6, 33 p.
- Moarii G., Leproux G., 1996. The drop-stone technique used by artisanal fishermen in French Polynesia. SPC FAD Inf. Bull., 1, 16-18.
- Mulipola A., Fa'asili U., 1999. Longline fishery in Samoa. 12th meeting of the Standing Committee on Tuna and Billfish. 16-23 June 1999, Papeete, French Polynesia. Work. Pap. NFR-17.
- Preston G., 1982. The Fijian experience in the utilization of Fish Aggregation Devices. 14th SPC Regional Technical Meeting on Fisheries, 2-6 August 1982. SPC, Noumea, New Caledonia. Work. Pap., 25, 61 p.
- Preston G.L., Chapman L.B., Mead P.D., Taumaia P., 1987. Trolling techniques for the Pacific Islands: a manual for fishermen. SPC, Noumea, New Caledonia. SPC Handb., 28, 162 p.
- Preston G., Chapman L., Watt P., 1998. Vertical longlining and other methods of fishing around Fish Aggregating Devices (FADs): a manual for fishermen. SPC, Noumea, New Caledonia, 64 p.
- Sibisopere M.B., 2000. The significant contribution of FADs to Solomon Taiyo Limited's fishing operations. *In*: Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons. Le Gall J.-Y., Cayré P., Taquet M. (eds). Éd. Ifremer, Actes Colloq., 28, 653-662.

- Sims N., 1988. A cost-benefit analysis of FADs in the artisanal tuna fishery in Rarotonga. SPC Inshore Fisheries Resources Workshop, 14-25 March 1988. SPC, Noumea, New Caledonia. Backgr. Pap., 36, 11 p.
- Solomon Islands Government, 1999. Solomon Islands National Tuna Management and Development. II. Strategies and Procedures. Solomon Islands Government, Honiara, Solomon Islands, 83 p.
- Sommerville W., Pendle D., 1999. Live reef fish operations in Kiribati. SPC, Noumea, New Caledonia. SPC Live Reef Fish Bull., 5, 16-18.
- Yeeting B., 1999. Live reef fish developments in Fiji. January-March 1999. SPC, Noumea, New Caledonia. SPC Fish. Newslet., 88,

Tuna fishing and a review of payaos in the Philippines

Jonathan O. Dickson⁽¹⁾, Augusto C. Natividad⁽²⁾

(1) Bureau of Fisheries and Aquatic Resources, 860 Arcadia Bldg., Quezon Avenue, Quezon City 3008, Philippines - bfarmfd@info.com.ph

(2) Frabelle Fishing Company, 1051 North Bay Blvd., Navotas, Metro Manila, Philippines

Abstract

Payao is a traditional concept, which has been successfully commercialized to increase the landings of several species valuable to the country's export and local industries. It has become one of the most important developments in pelagic fishing that significantly contributed to increased tuna production and expansion of purse seine and other fishing gears. The introduction of the payao in tuna fishing in 1975 triggered the rapid development of the tuna and small pelagic fishery. With limited management schemes and strategies, however, unstable tuna and tuna-like species production was experienced in the 1980s and 1990s.

In this paper, the evolution and development of the payao with emphasis on the technological aspect are reviewed. The present practices and techniques of payao in various parts of the country, including its structure, ownership, distribution, and fishing operations are discussed. Monitoring results of purse seine/ringnet operations including handline using payao in Celebes Sea and Western Luzon are presented to compare fishing styles and techniques, payao designs and species caught. The fishing gears in various regions of the country for harvesting payao are enumerated and discussed. The inshore and offshore payaos in terms of sea depth, location, designs, fishing methods and catch composition are also compared. Fishing companies and fisherfolk associations involved in payao operation are presented to determine extent of utilization and involvement in the municipal and commercial sectors of the fishing industry. The issues and problems concerning the use of payao, and its biological, economic impact as well as management aspect are presented. Recommendations are given for future research and actions.

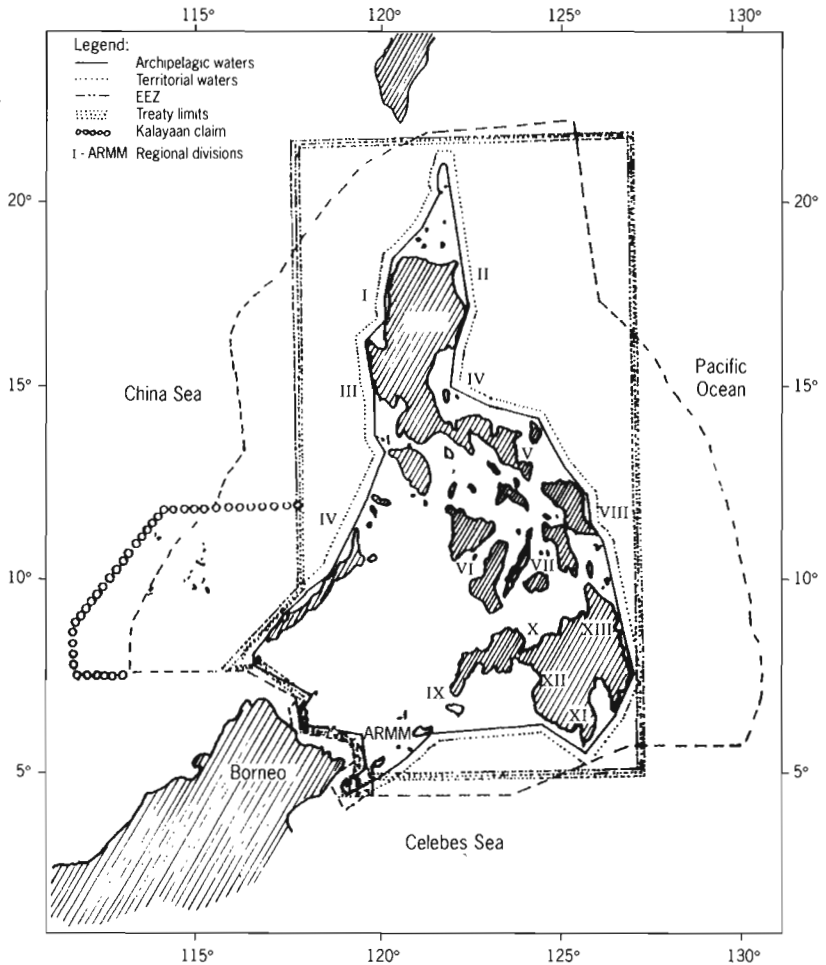
Introduction

Location

The Philippines are an archipelago composed of more than 7,000 islands bounded on the east by the Pacific Ocean, on the west by the South China Sea, in the south by the Celebes Sea and Bornean waters and in the north by Taiwan (fig. 1). The territorial waters as defined in the 1898 Treaty of Paris had an area of about 1,666,000 square kilometres (sq. km).

With the promulgation of the Exclusive Economic Zone and the Unclos, the territorial marine area increased to 2,200,000 square kilometres. The coastal and oceanic areas are 266,000 sq. km and 1,934,000 sq. km, respectively. The coastline is 17,460 km while the shelf area (up to 200 m deep) is 184,600 sq. km (BFAR, 1998).

Figure 1
Philippine territorial waters.



Fisheries sector

The fisheries industry is classified into commercial, municipal and aquaculture fisheries. Commercial fisheries include capture fishing operations using vessels of over 3 gross tons while municipal fisheries include capture using boats of 3 gross tons or less including other forms of fishing not involving the use of water craft. Aquaculture involves fish culture activities in marine and inland waters.

Out of the 940,533 mt commercial production in 1998, the major species caught were roundscad and Indian sardines contributing 22.2% and 17.4%, respectively. West Palawan waters, South Sulu Sea and Visayan Sea produced about 54.69% of the total commercial production.

There were 3,216 registered commercial boats with Regions IV, XI, VI and IX having the most number. The major species caught by the marine municipal sector are frigate tuna and fimbriated sardines contributing 12.8% of the 891,146 mt catch in 1998. Visayan Sea, Moro Gulf and East Sulu Sea shared respectively 11.28%, 9.41% and 9.10% of the catch. In the latest census of 1985, there were 464,395 log sets with Regions IX, IV, V, and VII having the most registered number.

Fish production

In 1998, the total fish production was 2,791,163 mt, of which 33.7% came from the commercial fisheries, 31.9% from the municipal fisheries, and 34.4% from the aquaculture sector (tab. 1).

Table 1 - Total fish production by sector, 1998.

Sector	Quantity (mt)	%	Value in billion pesos	%
Aquaculture	959 484	34.4	25.9	30.6
Municipal fisheries	891 146	31.9	29.0	34.3
Commercial fisheries	940 533	33.7	29.7	35.1
Total	2 791 163	100.0	84.6	100.0

Source: BFAR, 1998.

The Philippines' fish production comes from fifteen different regions. (tab. 2). The highest productions are found in Regions IV, IX, XI, VI, and ARMM. However, in Region IV, the production is not based totally from various fishing grounds productivity but on fish landed in the biggest fishport in Navotas, Rizal.

Table 2 - Fish production, by sector and region, 1998 (in tons).

Region	Total	Commercial	Municipal	Aquaculture	% share to total
CAR	1 145	0	258	887	0,04
I	43 892	1 963	23 553	18 376	1,57
II	23 870	8 413	13 473	1 984	0,86
III	112 732	10 383	11 656	90 693	4,04
IV	811 924	330 405	262 091	219 428	29,09
V	113 317	23 883	73 058	16 376	4,06
VI	308 840	112 824	127 284	68 732	11,06
VII	135 506	62 446	41 273	31 787	4,85
VIII	69 058	28 733	36 026	4 299	2,47
IX	418 974	188 289	113 670	117 015	15,01
X	37 960	19 590	16 220	2 150	1,36
XI	167 182	104 581	47 101	15 500	5,99
XII	27 583	9 637	9 976	7 970	0,99
XIII	69 199	4 669	61 359	3 171	2,48
ARMM	449 981	34 717	54 148	361 116	16,12
Total	2 791 163	940 533	891 146	959 484	100,00

Source: BFAR, 1998.

Tuna resources

The tuna fishery is one of the most important marine fisheries in terms of volume and value of landings. In 1997, tuna contributed about 121,090 t from the municipal sector and 191,416 t from the commercial sector. In 1998, tuna in fresh/chilled/frozen, smoked and canned forms topped the fish exports to 99,461 t for about US\$ 204,703,000.00 (FOB value) or 7.9 billion pesos. The major destinations were Japan, Thailand, USA, South Africa, etc. (BFAR, 1998).

The local tuna fishery consists of six major species, namely; the yellowfin (*Thunnus albacares*), skipjack (*Katsuwonus pelamis*), bigeye tuna (*Thunnus obesus*), bullet tuna (*Auxis rochei*), eastern little tuna or “kawa-kawa” (*Euthynnus affinis*), and frigate tuna (*Auxis thazard*). It is also classified into inshore or limited-range species and oceanic-highly migratory species. Most of the tuna catch is derived from small-scale fishing using handlines and gillnets and commercial scale ringnetting and purse seining in conjunction with payaos. Tuna are found throughout the archipelago at different sizes but fishing activities are concentrated in Moro Gulf, Davao Gulf, Celebes Sea, Sulu Sea, east coast of Samar and Western Luzon. One of the traditional fishing ground is the “Dangerous Grounds” of the Central South China Sea where purse seiners operate during the summer months.

Under the Philippine Tuna Research Project (1992-1995), catches by gears used for tuna fishing from 18 landing sites were monitored for a period of 18 months. It indicates a total of 14 tuna and tuna-like species of the family Scombridae (tab. 3).

There are 21 tuna species recorded in the Philippines, four belong to the large tunas (yellowfin, bigeye, albacore and skipjack): six species to the small tunas (frigate, bullet, “kawa-kawa”, longtail, bonito and Indian mackerel) and three to the seerfishes (Spanish mackerel, dog-tooth tuna and shark mackerel). Other catches include the families; Istiophoridae (billfishes such as marlins), Coryphaenidae (dolphinfishes), Carangidae (jacks and travalles), Balistidae (triggerfishes), Carcharhinidae (sharks), Clupeidae (sardines), Engraulidae (anchovies) and the *Loligo* spp. (squid). Fishing gears monitored include at least ten different types which have been classified as major gears (purse seine, ringnet and handline) and minor gears (bagnet, gillnet, mini-longline, troll line, multiple handline and fish corral (tab. 4).

Table 3 - Catch composition of tuna fishing gears.

Scientific name	Common name	Local name	Code
A. Scombridae	Tunas and Mackerels	Tangigue and Bariles	
1. Tunas and Bonitos	Tuna and tuna-like		
<i>Thunnus albacares</i>	Yellowfin	Bariles	YFT
<i>Thunnus obesus</i>	Bigeye	Buldog	BET
<i>Thunnus tongol</i>	Longtail		LOT
<i>Thunnus alalunga</i>	Albacore	Albakora	ALB
<i>Katsuwonus pelamis</i>	Skipjack	Tambakol	SKJ
<i>Euthynnus affinis</i>	Kawa-kawa	Katchorita	KAW
<i>Auxis rochei</i>	Bullet tuna	Tulingan	BLT
<i>Auxis thazard</i>	Frigate tuna	Tulingan	FRI
<i>Sarda orientalis</i>	Striped bonito		
<i>Rastrelliger brachysoma</i>	Short mackerel	Hasa-hasa	RAS
<i>Rastrelliger kanagurta</i>	Indian mackerel	Alumahan	RAS
2. Seerfishes			
<i>Scomberomorus commerson</i>	Barred Spanish mackerel	Tanguigui	SEE
<i>Gymnosarda unicolor</i>	Dog-tooth tuna	Tanguigui	COM
<i>Grammatorcynus bicarinatus</i>	Shark mackerel	Tanguigui bato	
B. Istiophoridae	Billfishes		BIL
<i>Makaira mazara</i>	Indo-Pacific blue marlin	Malasugui	BLE
<i>M. indica</i>	Black marlin	Malasugui	BLK
C. Coryphaenidae	Dolphinfishes		
<i>Coryphaena hippurus</i>	Dolphinfish	Dorado	DLF
D. Carangidae	Jacks and Travalles	Talakitok/kabalyas	
<i>Decapterus</i> spp.	Roundscad	Galunggong	RSC
<i>Elagatis bipinnula</i>	Rainbow runner	Salmon	RRU
E. Others			OTH
Carcharhinidae	Shark	Pating	SHK
Dasyatidae	Stingray	Pagi	STR
Mobulidae	Manta ray	Salanga	MAN
Sphyrnidae	Barracuda	Torsillo	BAR
Balistidae	Triggerfish	Papakol	TRI
Carangidae	Jack	Talakitok	CAR
Clupeidae	Sardine/Herring	Tamban	SAR
Engraulidae	Anchovy	Dilis	ANC
<i>Loligo</i> spp.	Squid	Pusit	SQD

Source: Philippine Tuna Research Project (1992-1994).

Table 4 - Landing (t) of different gears used for tuna fishing at the 19 landing sites monitored by PTRP* in 1993.

Landing Sites	Major Gears				Minor Gears							Total
	Handline	Purse seine	Ringnet	Bagnet	Drift gillnet	Mini longline	Troll line	Multiple handline	Gillnet	Fish corral		
Zambales												
Matalvis		1468.5	389.0								1857.5	
Masinloc	538.7										538.7	
Matain	87.7		0.8								88.5	
Subic	504.7	7.6	33.5							0.1	545.9	
Quezon												
Atimonan	231.0	9.7	78.4	77.5					9.8	0.2	406.4	
Palawan												
Pier	354.9										354.9	
Liberty	87.6										87.6	
Quito			0.3			15.7					16.0	
Tandag, Surigao												
Kalipayan	322.3										322.3	
Santan	353.4										353.4	
Zamboanga City												
Labuan	2.9		223.0		253.2		11.3	6.6			497.0	
Baliwasan			634.3								634.3	
Rio Hondo	119.5										119.5	
Lig Marine		7328.9									7328.9	
Permex		4041.2									4041.2	
Pagadian City												
Sta. Lucia	702.4		16.2	27.0							745.6	
Tukuran	24.3	4221.7	4.4								4250.4	
Gen. Santos City												
Lion Beach	6456.5										6456.5	
Calumpang		11615.2	14813.1								26428.3	
Total	9785.9	28692.8	16193.0	104.5	253.2	15.7	11.3	6.6	9.8	0.3	55073.1	

* PTRP: Philippine Tuna Research Project.

The payao

Features

Payao is a Fish Aggregating Device being used by the artisanal/small-scale and industrial Filipino fishermen. It is used mainly to attract free-schooling tunas and small pelagics (sardines, scad, mackerel, etc.). It consists of four functional parts: the floating, anchoring, mooring and the attractant sections. It is distinguished from one another through the materials being used in the floating section and distance of installation. The selection for their use depends upon the preference of the fishermen, price and availability of the materials in the locality.

Inshore municipal payaos are installed within the 15-km area which is the jurisdiction of the municipal or local government units while offshore payaos are installed beyond the 15-km from the shoreline and in deeper waters. In 1981, about 2,000 payaos were deployed in Western Luzon, Sibuyan Sea, Western Antique, Sulu Sea, Bohol Sea, Davao Gulf

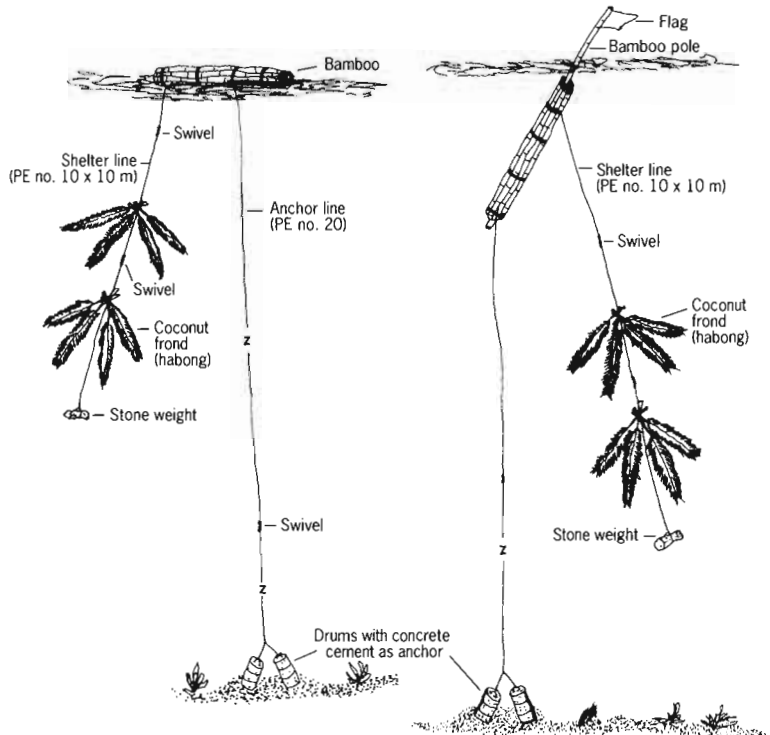
and Moro Gulf. At present, Philippine payaos are estimated to be around 4,000 to 5,000 units both in inshore, offshore, high seas, and waters of other countries where Philippine fishing boats are allowed to operate.

Types

The “arong” evolved from the shallow fish shelter locally termed “tangkal” and “bonbon”. Figure 2 shows a vertical and horizontal bundled bamboos tied together by rattan or interior rubber of tyres. It is anchored in the sea floor by means of boulders or big stones covered with nets, sacks and woven rattan baskets. The original anchor line is made of rattan or sliced exterior of rubber tyres twisted and joined together but nowadays by polyethylene rope while the mooring section is concrete cement. It is mostly installed in shallow areas (20 to 200 m) where pelagic fishes are known to be abundant. During daytime, fishes are harvested by handlines. At night-time, it is lighted with gas lamps and harvested by handline, gillnet, liftnet and surrounding net. The “arong” is estimated to cost from US\$ 50 to US\$ 500 depending on sea depth and materials.

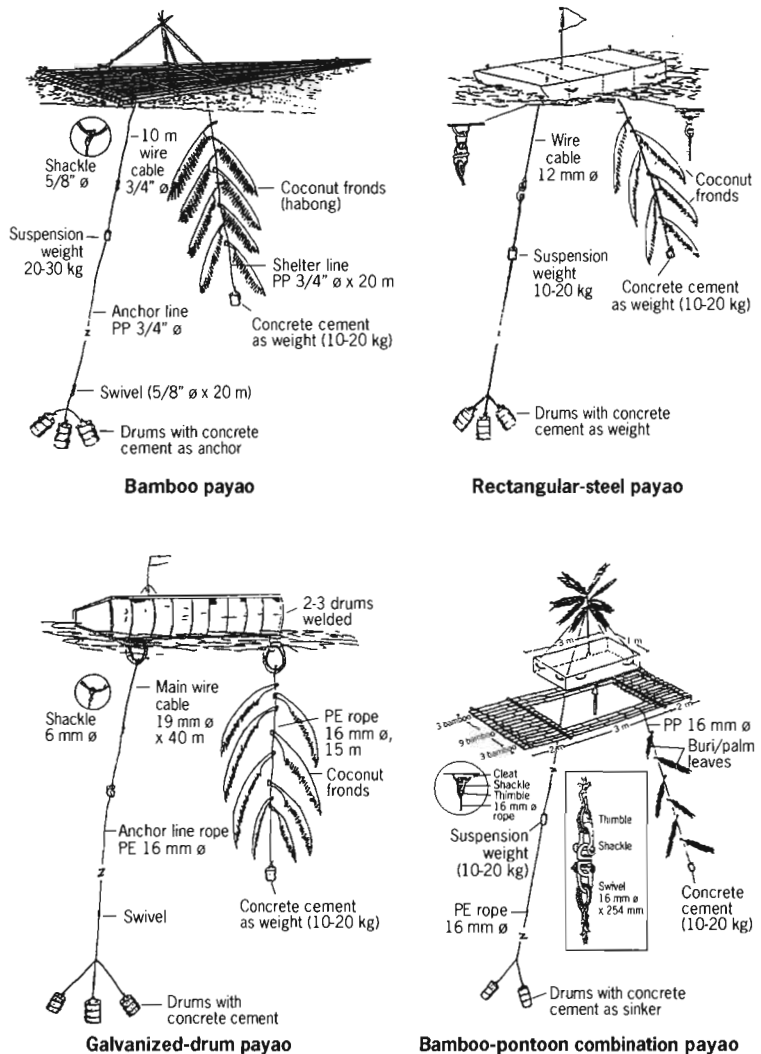
The payao which is set in deeper waters has many variations depending on the type of the float. Figure 3 describes the types and parts of bamboo, rectangular-steel, galvanized-drum and bamboo-pontoon combination payaos. The anchor line section usually consists of wire

Figure 2
Bundled horizontal-vertical bamboo payao.



cable near the floater and the mooring drums, swivels, suspension weight and the polypropylene or polyethylene rope. The suspension weight prevents the floating of the slack rope during low tide since the anchor line sea depth ratio is 1.2:1. The mooring section is made of one to eight concrete 200 l capacity cemented drum depending on sea depth. The attractant section is made of coconut/palm leaves tied to a rope and hung to the float. The depth of the sea ranges from 300 m to 5,000 m. The price is estimated from US\$ 700 to US\$ 3,000 depending on the diameter, length and material of the anchor line. In most deep-sea payaos, a galvanized chain, wire cable, or iron rod is connected to the upper portion of the anchor line near the floater to prevent other fishermen in cutting the line.

Figure 3
Types of payao.



Ownership

Municipal payaos are usually owned by small-scale fishermen or group of fishermen who formed cooperative or association. They are installed near the seashore, adjacent to their villages or nearby waters for easy monitoring and provide safeguarding from vandals. In some regions, the payaos owned by associations are harvested by the big companies at sharing of 25:75% of the catch. However, in offshore waters payao are owned by the ringnetters and purse seinets companies. Depending on the number of catchers, they can operate 30 to 50 units. The fishing companies allow that small-scale fishermen operate their fishing lines, and in return, monitor the payao for the presence of school and prevent other fishermen in destroying the units.

Regional distribution

Figure 4 shows the distribution of payaos by region. In region I, the galvanized-drum payao is the most commonly installed off north-western Luzon at 20 to 50 nautical miles away from the shore. However, some companies are using the bamboo and pontoon payaos. In Region III, galvanized-drum payao is also installed on the western part of Zambales at about 20 to 40 nautical miles from the shore. The distance is becoming farther offshore due to unscrupulous fishermen. In Region IV, payaos are distributed off western Bataan and Palawan while arongs are set off western Batangas and Mindoro Strait. In the Visayas or Central Philippines, (Regions VI, and VII), arongs are found in Negros Strait, Cebu Strait, Camotes Sea, Bohol Sea, Samar Sea, Visayan Sea, Carigara Bay, Leyte Gulf and Sulu Sea. They are set in shallow waters from 50 m to 300 m deep. Eastern Visayas (Region VIII) has also raft-type and galvanized-drum payaos with peak season of harvest during the southwest monsoon (June-October). The eastern Samar and Leyte waters provide a good fishing activity. In Mindanao (Regions IX, X, XI, XII and ARMM), the major payao areas are Davao Gulf, Moro Gulf, Celebes Sea and South Sulu Sea using the cylindrical-drum payao.

Harvesting methods and techniques

Commercial tuna fishing started in the Philippines as early as the 1930s but it was only in 1974 when the United Nations Food and Agriculture Organization brought in two experimental purse seining vessels to test the viability of tuna fishing in Philippine waters that a breakthrough was made. It was during this period that the effectiveness of payao for aggregating tuna and small pelagics was discovered by the Filipinos. Figure 5 presents the fishing gears for harvesting tuna associated with payao. The handline is used extensively in Regions I, III, IV, VII, VIII, IX, XI and XII while troll line is used solely in Regions I and VII. Bagnet using payao is traditionally found in Region XI while ringnet and purse seine are widely used in all Regions.

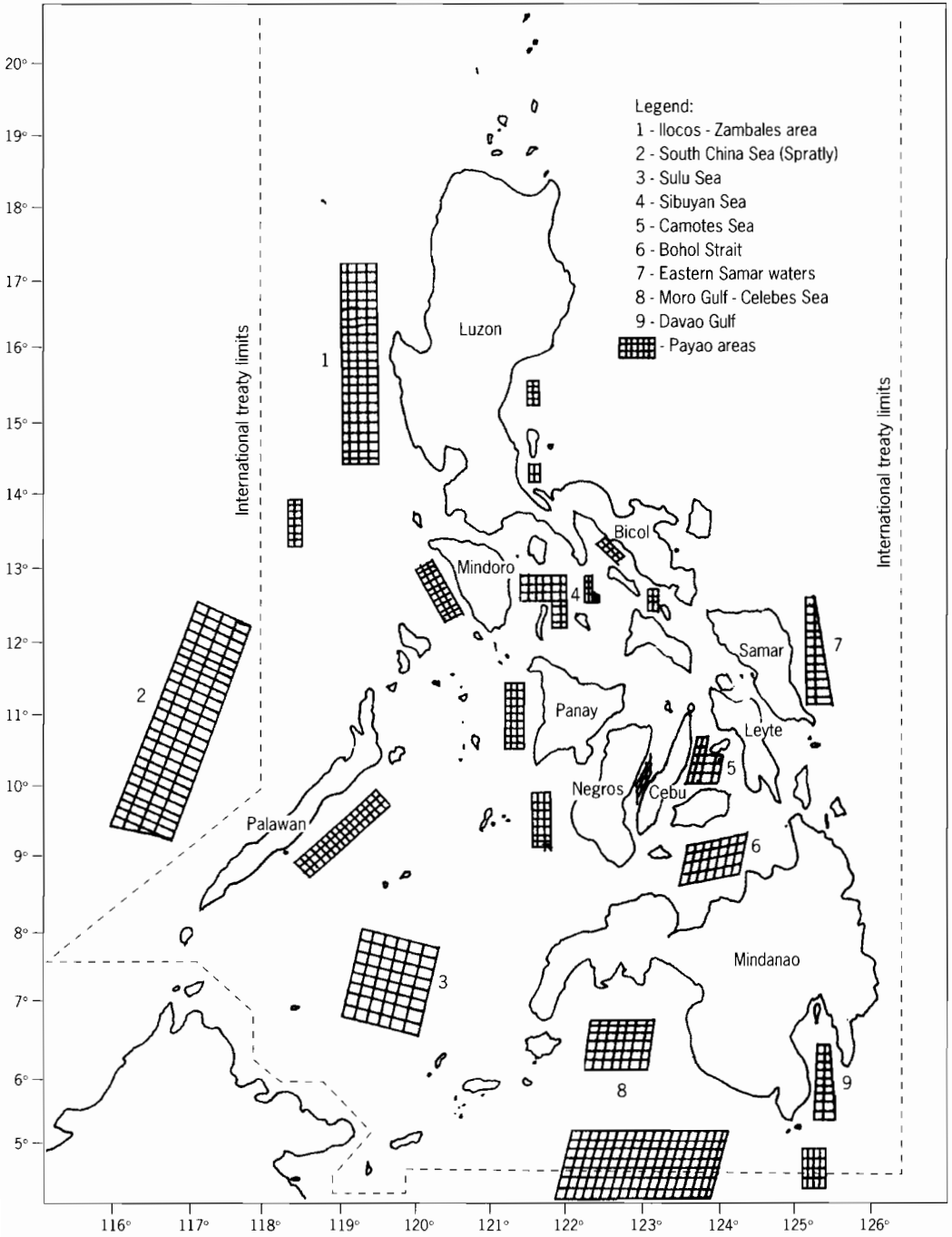


Figure 4 - Payao areas in the Philippine waters.

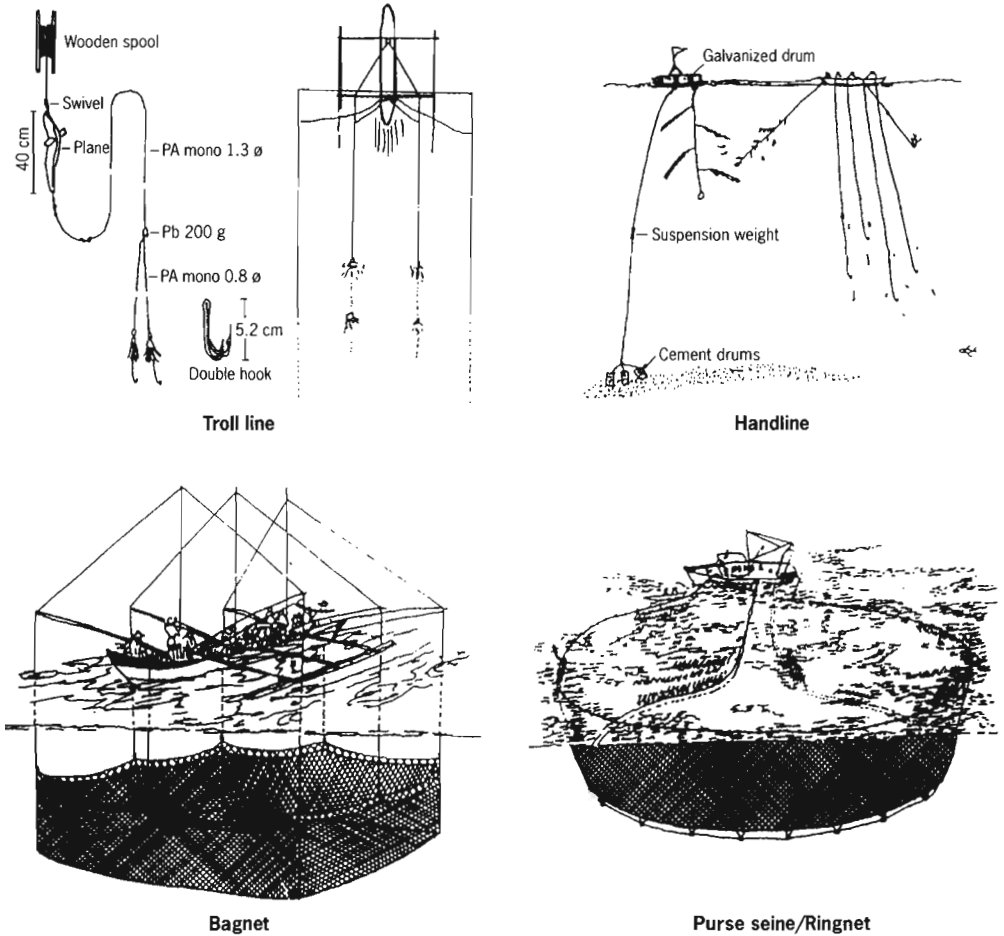


Figure 5
Tuna fishing gears
associated with payao.

The techniques for ringnet/purse seine in Zambales waters, Celebes Sea, and international waters vary with the operation of the payao. Handline fishing in Celebes Sea is unique compared to other areas.

Ringnet/purse seine operation in Zambales-Ilocos coast

The 2.5 pc galvanized drum of about 2.5 metres long is mostly used with the bamboo type as alternate floater. Peak fishing is seasonal and occurring during the northeast monsoon from November to May. Payaos are set about 20 to 50 nautical miles from the shore at 500 to 3,000 fathoms deep. Two whole drums are welded together with the third drum cut into two pc. to shape like a torpedo. The torpedo-shaped drum reduces the effect of wind and waves. Payaos are patrolled by “ranger bancas” and the unit with fish schools are lighted during the night. At midnight, the mother boat or catcher boat is called and arrives in the designated position before dawn.

Divers, often called “human echosounders” dive underneath the payao and estimate the volume of the school. With a good estimation, the light boat detached the floater with the habong towing to a distance where it is surrounded by the mother boat. Shooting of the net starts with two fishermen jumping overboard with one end of the net. As soon as the fishermen and the mother boat meet, the fishermen throw the floatline and purse line on board ready for pursing. At this juncture, a tom weight or “lingote” is dropped along the purse line. The fishing operation lasts until 6am or 7 am and the boat reaches the homeport at noon, ready for the fish delivery to the market by means of insulated trucks or vans.

The “floater” technique

Before the payao is surrounded by the catcher boat, the whole drum or floater is detached from the anchor line where its end is provided by a float or buoy. The drum float together with the “habong” or attractant is towed away by the lightboat. Simultaneously, the catcher boat tows the buoy with the anchor line to a distance to avoid entanglement. Finally, the catcher boat surrounds the lightboat together with the floater. Surrounding takes about 3 to 5 min, pursing another 30 min, and hauling the net from 40 min to one hour depending on the sea conditions. Brailing of the catch takes about 30 min to one hour.

The “habong” technique

The “habong” or the attractant only is being detached and towed by the “ranger boat” or light boat away from the floater. At a designated area, the light boat with the “habong” is surrounded by the catcher boat until operation is completed. The “habong” is returned to the floater after the operation.

Purse seine operation in Celebes Sea

Majority of the purse seiners in General Santos and Davao, southern Mindanao operate in Celebes Sea, Moro Gulf, and adjacent waters. One fleet usually consists of a catcher boat, three lightboats, two carriers and 40 to 50 payao units.

The “single payao” technique

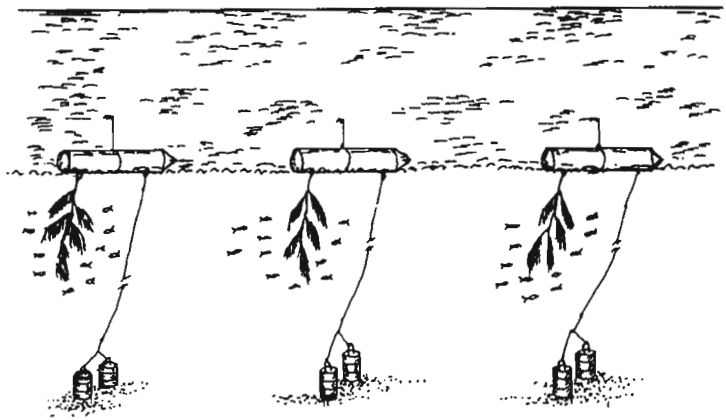
During the time when fish schools are abundant both inside the Philippines’ territory and adjacent waters, the single-payao operation is being applied. A single payao is lighted for the night. At dawn, it is surrounded by the catcher boat until tuna and other small pelagics are hauled on board. The average catch rate ranges from 10 to 15 tons per night operation.

The “terminal” technique

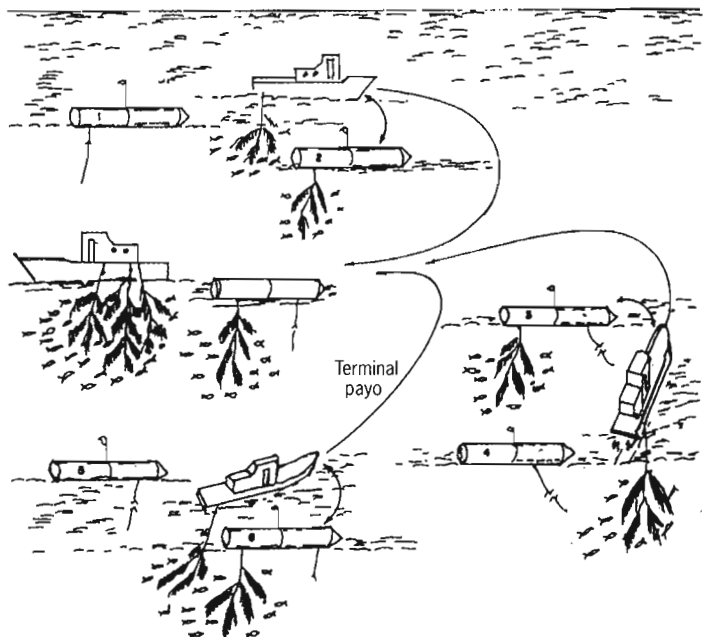
With the declining catch, the fishermen devise a technique where seven to nine payaos’ attractants (habongs) are combined during the day.

Usually, the payaos are three or four nautical miles distant. The experience of other companies for the installation of payaos is from 8 to 10 nautical miles. After assigning the position of the terminal payao, the lightboats proceed to the adjacent payaos and firstly combine two payaos' "habong" and tow them to the terminal payao. The "habong" of other payaos are also brought to the terminal. Before leaving the floater, a new set of "habong" is tied. It was observed that the schools follow the "habong", hence increasing the catch per unit effort. The terminal is lighted at night to maximize the attracting efficiency (fig. 6). At dawn, it is surrounded by the catcher boat. The new technique in harvesting several payaos is already being done in Celebes Sea by the General Santos fishing companies and in adjacent waters frequented by Navoras/Malabon companies.

Figure 6
Terminal technique in purse seining.



Payao at Celebes Sea is approximately 3-4 nautical miles at depth of 3,000 to 4,000 metres



Purse seine fishing in international waters

International waters include other countries territorial waters where fishing agreements exist. Presently, there are about five fishing companies from Navotas/Malabon, Metro Manila, Zamboanga City and General Santos City which are operating in international waters. These are mostly tuna purse seiners using payaos, floating logs and setting their nets in open waters. The cylindrical-steel payao is the type of floater being used with their depth ranges from 1,000 to 4,000 fathoms. The purse seiners go fishing farther to seek for better fishing grounds in order to harvest enough volume to sustain their operations.

Hook-and-line fishing in Celebes Sea

Hook-and-line fishermen are the source of “sashimi” tuna in General Santos City and Davao City. The tuna caught are distributed to other parts of the country particularly Metro Manila. A large portion of the catch are exported to Hong Kong, Taiwan and Japan. Tuna handlining is one of the important fishing methods for capturing big tunas and is very popular in southern Mindanao. The outriggered banca measures 17 m by 1.5 m by 1.4 m (LBD) with about 3 to 10 gross tonnage. At the fishing ground where payaos are present, the fishermen release their small handlines baited with silk cloth to catch small-sized fish such as salmonettes, roundscad, tuna and squid to serve as baits.

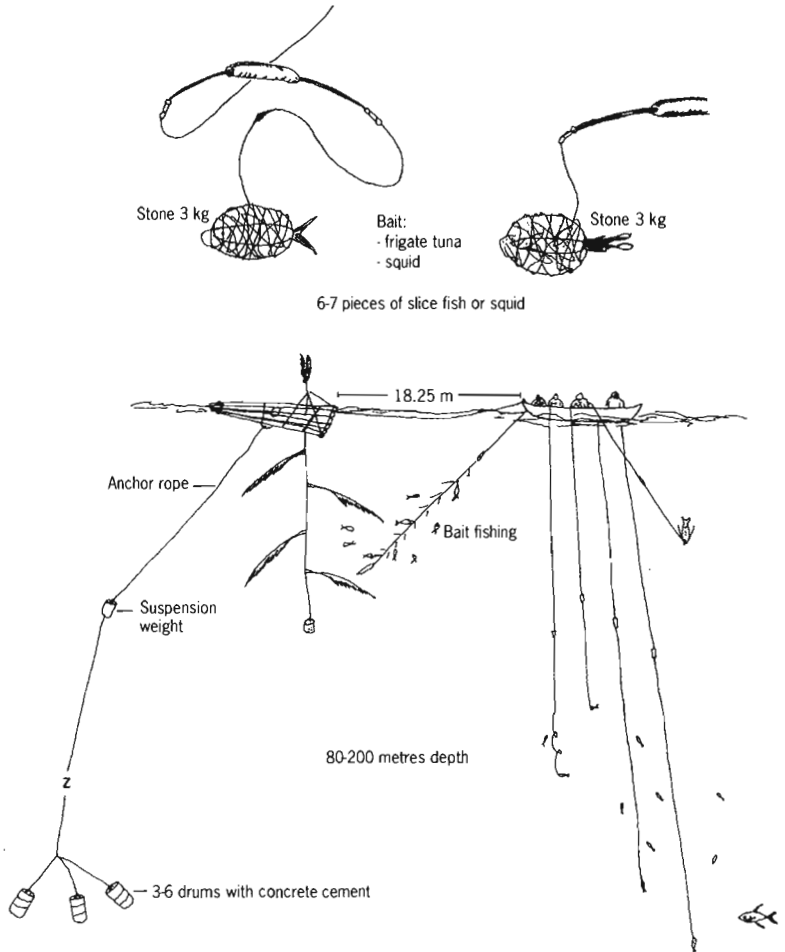
The “stone weight” technique

Figure 7 shows the major innovation introduced by the local fishermen. It is the coiling together of the baited hook in a stone weighing 1 to 3 kg using a 2-metre secondary main line. It is then dropped near the payao until it reaches the swimming layer of the tuna while the line is suddenly pulled to release the stone. At this depth, fishermen jerk their lines frequently to attract tuna bites. The observed swimming layer of tuna under payao ranges from 80 m to 200 m depth and fishermen must adjust their lines to this depth. Although, the stone acts as additional weight and increases the sinking speed of the hook, the effect to the fishing ground might have a negative impact to the tuna fishery in particular and the fishing area in general.

The “squid-ink” technique

Another baiting technique is putting a squid or octopus ink (“shabu-shabu”) inside a small plastic bag together with the bait. The position of the plastic bag is located at the tipmost portion of the hookbarb for easy bursting upon jerking of the line. Tuna species are attracted to the black clouds of water as they think there is abundance of squids.

Figure 7
Stone-weight technique
in tuna handlining.



Impact on tuna fisheries

The introduction of “arong” and payao did not provide all positive effect to the fishery resources and sustainable profit to the fishermen. In relation to the gears used, the devices attracted juvenile tunas and small pelagics. The harvesting led to the uncontrolled catches of juveniles which affect the recruitment patterns of the various species.

The Philippine waters are known as spawning areas of tuna; hence, the juveniles stayed in the fishery, attracted by the “arong” and payao, and finally caught by various fishing gears. Most of the mesh sizes are considered fine-meshed nets (less than 3 centimetres). The distribution of the tuna fisheries shows that small tunas dominate the catch. About 90% of the skipjack landed are at size 16 cm (juvenile migrates at about 30 cm and left Philippine waters at 60 centimetres). Yellowfin in the 60-110 cm range are not abundantly found in the country. The “arong” and payao truly increase the total catch of tunas and small

pelagics due to the attracting efficiency of the payao. However, the introduction of payaos had some negative economic impact to the tuna fishing industry and small-scale fisherfolk after years of good harvest. Tuna production increased from less than 10,000 t in 1972 to 125,000 t in 1976 when the payao was introduced to tuna fishing. In 1997, the total tuna production was 312,506 t comprising of frigate/bullet, yellowfin/bigeye, skipjack and “kawa-kawa” (tab. 5). However, the positive impact resulted for the artisanal or small-scale fishermen to sustain their catch, and the handline fishermen in General Santos City establish an export market of tuna “sashimi” while the purse seiners contributed to the sustained operation of tuna canneries and processing plants as well as the boom of related industries in southern Mindanao.

Table 5 - Annual total landings (t) of tunas in the Philippines (1970-1997).

Year/Species	FRI/BLT	YFT/BET	SKJ	KAW	Total
1970		1 685	122	7 247	9 054
1971		3 775	225	4 246	8 246
1972		1 856	131	7 253	9 240
1973	3 201	6 865	1 463	11 071	22 600
1974	2 247	11 415	2 761	8 915	25 338
1975	3 396	9 694	3 181	5 288	21 559
1976	28 328	44 478	29 714	23 004	125 524
1977	43 007	63 059	55 090	54 744	215 900
1978	45 937	37 225	32 586	21 953	137 701
1979	79 909	49 224	45 084	23 094	197 311
1980	96 874	48 023	31 180	24 733	200 810
1981	78 248	56 176	38 439	30 891	203 754
1982	67 363	51 922	50 795	46 524	216 604
1983	74 219	62 036	57 151	48 880	242 286
1984	80 305	58 924	44 671	41 899	225 799
1985	95 726	64 293	60 536	41 060	261 615
1986	87 225	59 510	77 031	42 445	266 211
1987	98 032	51 809	73 751	46 934	270 526
1988	107 498	57 650	58 156	56 337	279 641
1989	117 545	62 146	64 654	57 899	302 244
1990	88 801	81 103	99 705	43 762	313 371
1991	93 236	95 594	102 394	47 850	339 074
1992	125 655	45 026	83 179	31 943	285 803
1993	110 266	38 083	68 065	21 714	238 128
1994	109 866	63 179	84 560	29 669	287 274
1995	88 426	60 957	110 111	27 308	286 802
1996	88 969	61 280	110 004	24 345	284 598
1997	108 494	67 342	110 097	26 573	312 506
Total	1 922 773	1 314 329	1 494 836	857 581	5 589 519
Average	76910.92	46940.32	53 387.00	30627.89	

Source: Bureau of Agriculture Statistics (BAS), Fisheries Statistics, 1970-1997.

Management

The increasing and continuous use of “arong” and payao in the territorial waters should be an area of concern for both the Philippines and other countries using the technology. The uncontrolled capture of juvenile tunas should be provided with proper solution to make tuna fishing sustainable in the region. It has been recognized that international cooperation through a regional agreement should be done for the effective utilization of the highly migratory species. The multi-high level conference relating to straddling and migratory stocks should be concretized and the creation of a regional body is recommended. The use of payaos is contributory to the removal of juveniles of tuna from the stocks. With this situation, the government must regulate the tuna fishery by looking at the effect of payaos and other harvest methods in order to ensure the sustainable productivity of the tuna fishery.

Recommendations

- A system of monitoring catch, effort, size composition, oceanographic and biological data should be implemented on fishery resources associated with payao to improve understanding of the population and fishery dynamics involving the device and management of tuna stocks.
- The potential impact of payao and the fishing gears to the fishery resources and environment should be given priority in research. The results of the studies will serve as basis in the formulation of policies for the sustainable viability of the tuna resource and continuous utilization of the payao for both inshore and offshore waters.
- At the same time, since many countries are using FADs, concerted and effective monitoring is necessary to check or counteract reported detrimental effect of payao on juvenile tuna catch. Among the suggested measures are the use of big mesh-size nets and proper spacing of FADs.

Bibliographic references

- Aprieto V.L., 1979. Philippine tuna management on marine environment and extended maritime jurisdictions: transnational environment and resource management in Southeast Asian Seas. East-West Center Environment and Policy Institute, Honolulu, Hawaii, 38-50.
- Aprieto V.L., 1991. Payao, tuna aggregating device in the Philippines. *In*: Symposium on artificial reef and Fish Aggregating Devices as tools for the management and enhancement of marine fishery resources. Indo-Pacific Fishery Commission, Colombo, Sri Lanka, 14-17 May 1990, RAPA-FAO-UN 1991/11, 14-15.
- Aprieto V.L., 1991. Philippine tuna fisheries: yellowfin and skipjack. University of the Philippines Press, 251 p.

- ASEAN/SF/88/GEN/7, 1998. Report on the training-study tour on fishing with payao. ASEAN/UNDP/FAO regional small-scale coastal fisheries development project, 87 p.
- BAS, 1970-1997. Bureau of Agriculture Statistics. Fisheries Statistics.
- BFAR, 1998. Fisheries profile. Bureau of Fisheries and Aquatic Resources, Quezon City, Philippines, 51 p.
- Dickson J.O., Pastoral P.C., 1995. Technology advances and problems on the use of payao in tuna fishing. *In: 4th World Tuna Trade Conference, 25-27 October 1995, Metro Manila, Philippines, 165-172.*
- Dickson J.O., 1993. Deep-sea Fish Aggregating Devices for commercial fisheries in the Philippines. *INFOFISH Int.*, (4), 51-56.
- Hallier J.-P., 1995. Tropical tuna fishing with purse seine and log. *INFOFISH Int.*, (4), 53-58.
- Malig J.B., de Jesus A.S., Dickson J.O., 1991. Deep-sea Fish Aggregating Devices in the Philippines. *In: Symposium on artificial reef and Fish Aggregating Devices as tools for the management and enhancement of marine fishery resources. Indo-Pacific Fishery Commission, Colombo, Sri Lanka, 14-17 May 1990, RAPA-FAO-UN 1991/11, 214-228.*
- Pauly D., Floyd J.M., 1984. Smaller-size tuna around the Philippines-can Fish Aggregating Devices be blamed? *INFOFISH Mark. Dig.*, 5, 25-27.
- Primex, 1993. Philippine Tuna Research Project (PTRP). Final Report. Pacific Innovation and Management Components, Inc., Manila Luxury Condominium, Pasig, Metro Manila, Philippines.

Systèmes halieutiques et DCP dans l'océan Indien : une revue de la diversité des expériences et des résultats en termes d'intégration et de durabilité

Emmanuel Tessier⁽¹⁾, Hélène Rey-Valette⁽²⁾, Didier Ah-Nième⁽³⁾,
Rose-Marie Bargain⁽⁴⁾, Armanun Venkatasamy⁽⁵⁾, Bertrand Wendling⁽⁶⁾

(1) Comité régional des pêches maritimes et des élevages marins de la Réunion,
28 rue du Maréchal Gallieni, 97420 Le Port, Réunion - etessier@oceanes.fr

(2) Université de Montpellier 1, Sciences économiques, BP 9606,
34054 Montpellier Cedex 1, France

(3) Ifremer, délégation de la Réunion, rue Jean Bertho, BP 60, 97420 Le Port Cedex, Réunion

(4) Seychelles Fishing Authority, PO Box 449, Victoria, Mahé, Seychelles

(5) Albion Research Center, Albion Petite Rivière, Mauritius

(6) Direction de l'agriculture et de la forêt, Service des pêches et de l'environnement marin,
BP 103, 97600 Mamoudzou, Mayotte

Abstract

The first FAD's in the islands of the South West Indian Ocean were moored in the fifties. The area under study forms part of the Indian Ocean Commission which include Comoros, Madagascar, Mauritius, Seychelles, Réunion and the island of Mayotte. After a few isolated trials that turned to be inconclusive, especially for lack of reliability of the devices moored, trials were pursued under the auspices of International Organizations. A new type of FAD was successfully designed and implemented in Mauritius. This model was then applied in the Comoros in 1987, in la Réunion and Madagascar in 1988 and in Mayotte in 1989.

The various programmes have had various results. In some cases such as la Réunion and Mauritius, they have played a key role in the development of the inshore fishery. In other cases they have been less significant. Finally in other cases although a significant impact on artisanal fishery, the experience was halted due to financial constraints.

Beyond the history of the various programmes and the results obtained, the authors have attempted to underline the social and economic factors that have characterized the various trials in the different regional countries.

Introduction

Les ressources de thonidés et grands pélagiques occupent une place stratégique pour les pays de l'océan Indien qui, en tant qu'États insulaires, possèdent des ZEE importantes et riches en ressources thonières.

Celles-ci sont traditionnellement exploitées dans le cadre d'accords de pêche avec l'Union européenne et certains pays asiatiques¹ (Japon, Taïwan et Corée), accords qui permettent la présence de flottilles industrielles de senneurs et de palangriers, dont les prises atteignent 810 000 t en 1993 (zone 51 de la FAO), soit 17 % des prises mondiales (Pianet, 1998). Les premières implantations de dispositifs de concentration de poissons destinées à permettre une exploitation artisanale de ces stocks ont été effectuées dans les années cinquante, mais il faut attendre les années quatre-vingt pour que, sous l'égide de plusieurs projets de développement (FAO et FED), ces implantations permettent, avec des trajectoires et des résultats divers selon les pays et les contextes, l'amorce d'un développement de ces pêcheries.

L'objectif ici est d'effectuer une synthèse-diagnostic de ces expérimentations pour la partie sud-ouest de l'océan Indien. Cette délimitation permet ainsi de satisfaire des contraintes d'homogénéité géographique et de s'inscrire dans le champ de la dynamique politique et économique régionale correspondant à la Commission de l'océan Indien². Néanmoins, un tel bilan se heurte du point de vue méthodologique au caractère souvent parcellaire des données, aux systèmes de collecte d'information non standardisés ainsi qu'aux différences structurelles importantes des économies et des pêcheries concernées.

Dynamique des implantations

Contexte

La figure 1 présente la zone d'étude, qui regroupe cinq pays de la Commission de l'océan Indien (Comores, Madagascar, Maurice, Réunion, Seychelles) et l'île de Mayotte, pays ou territoires qui offrent des contextes variés et souvent hétérogènes du point de vue des principaux indicateurs, physiques, démographiques et macro-économiques (tab. 1).

1. Ces accords sont à l'origine de recettes en devises importantes pour les pays de la COI ainsi que pour la collectivité territoriale de Mayotte (accords privés avec les armements espagnols).

2. Cette institution (COI) émane de la volonté politique des pays membres de la zone, y compris la France au travers de la Réunion, de renforcer la coopération et l'intégration régionale comme impératif pour leur développement économique et social (Sweenarain, 1998). C'est dans le cadre de cette commission qu'ont été menés deux projets régionaux de développement de la pêche thonière : les projets thoniers phase I (1987-1991) et phase II (1992-1996). Outre cette institution, on note aussi l'existence de la Commission thonière de l'océan Indien, qui regroupe les États riverains de l'océan Indien et les États pêcheurs de la zone, c'est-à-dire essentiellement l'Espagne et la France dont les armements thoniers y ont un poids économique important. L'objectif de cette commission, à l'image des grandes institutions internationales de gestion (ICCAT, CIEM...), est de promouvoir la coopération parmi ses membres en vue d'assurer, à travers une gestion appropriée, la conservation et l'utilisation optimale des stocks de thonidés et espèces voisines et d'encourager le développement durable des pêcheries exploitant ces stocks.

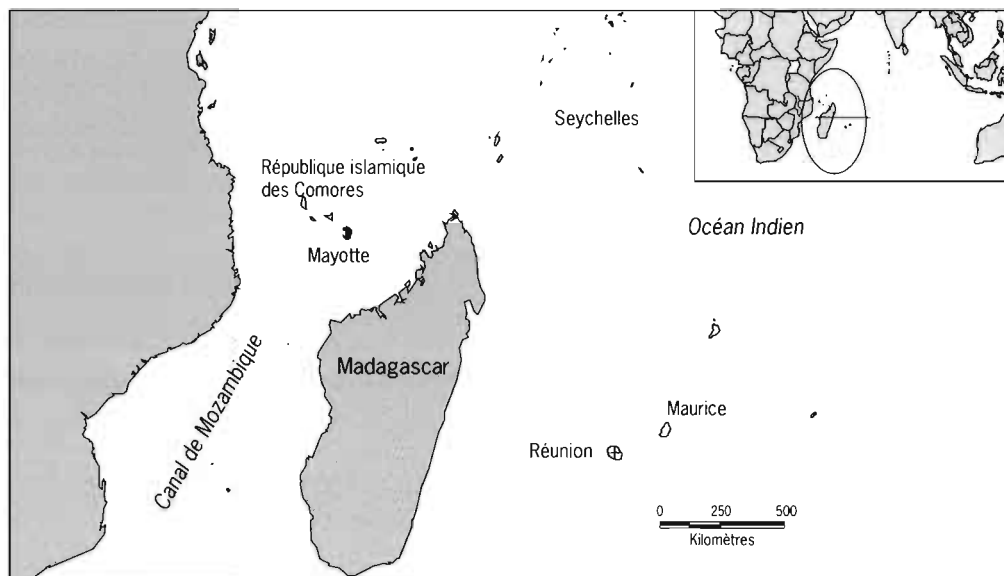


Figure 1
Localisation géographique
de la zone étudiée.

Tableau 1 - Données d'ordre général et principaux indicateurs macro-économiques

	Comores	Madagascar	Maurice	Mayotte	Réunion	Seychelles
Superficie (km ²)	2 200	587 000	2 000	374	2 250	410
Surface ZEE (km ²)	160 000	1 000 000	1 900 000	74 000	310 000	1 300 000
Population en million d'habitants	0,5	13,7	1,1	0,13	0,66	0,08
PNB/hab en \$US	400	239	3 446		10 609	5 629
Source : Banque Mondiale ; adapté de COI InfoNet, cité dans Anon., 1998.						
Pêcheurs artisans	8 000	61 000	3 400	2 120 (54 % de femmes)(a)	500	1 700
Consommation apparente de poissons <i>per capita</i> (kg/an)						
Moyenne 1982-1984	12,3	5,2	14,3	23	11(c)	47,5
Moyenne 1991-1993	21,0	7,2	18	9(b)	13(c)	71,3
Source : Friedrichs, 1998 ; COI InfoNet ; Borel et Herry, 1994 cités dans Anon., 1998.						
Année	1995	1995	1995	1998	1998	1996
Production des produits de la mer (en tonnes)	12 000	85 000	15 000	2 000	6 000	5 000
Exportation des produits de la mer (en tonnes)	54	26 665	13 570		3 024	1 365

(a) En raison du nombre important de pêcheurs en situation irrégulière, ce chiffre est sous-estimé.

(b) Chiffres 1988-1989 et 1992-1993 (d'après O. Thébaud, 1996). (c) chiffre 1989 (Biais & Taquet, 1992).

Source : secrétariat général de la Commission de l'océan Indien. Programme cadre de coopération technique. Étude de faisabilité d'un projet régional de développement de la pêche. Rapport provisoire, août 1998.

La situation des pêcheries artisanales de ces pays témoigne là encore de fortes différences (Aboudou *et al.*, 1996). Pour ne rappeler que quelques points forts, on peut ainsi souligner : la faiblesse des ressources pour les Comores (étendue limitée du plateau continental et des récifs coralliens) tandis qu'au contraire les ressources exploitables de l'importante ZEE malgache³ sont estimées à 450 000 t (Aboudou *et al.*, 1996), dont des espèces fortement valorisées telles que les crevettes, les langoustes et les thons. Dans le cas de Mayotte, de Maurice et des Seychelles, les pêcheries artisanales sont principalement orientées vers l'exploitation des bancs coralliens avec des productions qui sont respectivement estimées à 2 000 t pour Mayotte (1999), 8 000 t pour Maurice (1995) et 2 000 t aux Seychelles (1995). Enfin, du fait de l'absence de plateau continental, la pêche artisanale réunionnaise⁴ est centrée sur l'exploitation des pélagiques avec une production qui s'est fortement redressée depuis la mise en place des DCP et qui atteint 1 156 t en 1997 (source : direction des Affaires maritimes).

Les modèles de DCP et l'évolution technologique

Les premières expérimentations de DCP dans l'océan Indien reprenaient des matériaux naturels (feuilles de cocotiers) imitant les payaos philippins. Les expérimentations menées par la suite ont poursuivi deux objectifs principaux : augmenter la durée de vie des dispositifs par des essais de DCP robustes (DCP lourds) ou diminuer les coûts par la fabrication de DCP dits « légers ». Ces deux objectifs se sont avérés contradictoires et c'est un compromis de DCP mi-lourds articulés qui est apparu comme la solution la plus efficace (Roullot *et al.*, 1988a,b).

L'objet n'est pas ici de dresser un bilan exhaustif des différents modèles de DCP testés dans la zone sud-ouest de l'océan Indien tant ils ont été diversifiés, mais de présenter les types qui ont été éprouvés. Diverses expériences d'implantation de DCP ont été menées dès 1982 pour les Comores, Maurice et les Seychelles. C'est à Mayotte que l'implantation des premiers DCP en 1989 a été la plus tardive. Cependant, en raison du manque de moyens ou de défauts de conception, de nombreuses expériences ont tourné court.

C'est dans le cadre d'un projet mixte FAO-PNUD qu'a été mis en place en 1986 à Maurice, après plusieurs améliorations successives, un modèle de DCP mi-lourd de faible coût, de durée de vie satisfaisante et adapté aux conditions océanographiques de la zone (Roullot *et al.*, 1988a,b). Ce modèle, communément appelé « modèle océan Indien » (Anderson & Gates, 1997), a ensuite été transféré aux Comores (1986), à la Réunion (1988) et à Madagascar et Mayotte en 1989. Si à la Réunion ce modèle a été adopté sans grande modification à l'exception du remplacement des câbles d'acier par du cordage du fait de la réduction des risques de vandalisme lié à un intérêt croissant pour les DCP (Biais & Taquet,

3. Au 4^e rang mondial des îles en termes de superficie.

4. On note aussi l'exploitation des ressources démersales péri-antarctiques et l'existence d'une pêche de palangriers depuis 1991.

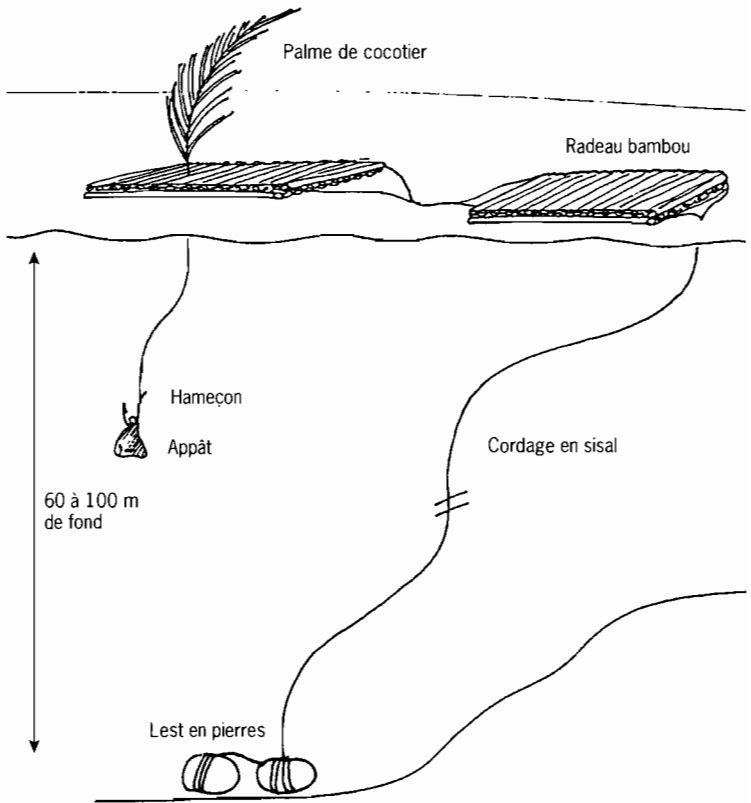
1990), par contre à Mayotte ce modèle s'est avéré inadapté (tant en 1989 qu'en 1991). Un nouveau type de DCP de forme « soucoupe » a donc été mis en place en 1998.

Au total donc, trois modèles de référence peuvent ainsi être identifiés.

- Les DCP en matériaux naturels (fig. 2)

On trouve dans cette catégorie les champas implantés aux Comores (Le Touze *et al.*, 1989) ou les DCP des Seychelles (Marsac & Stequert, 1987). Ces modèles assez fragiles adaptés à des zones à faibles contraintes océanographiques ont le plus souvent mal résisté aux courants.

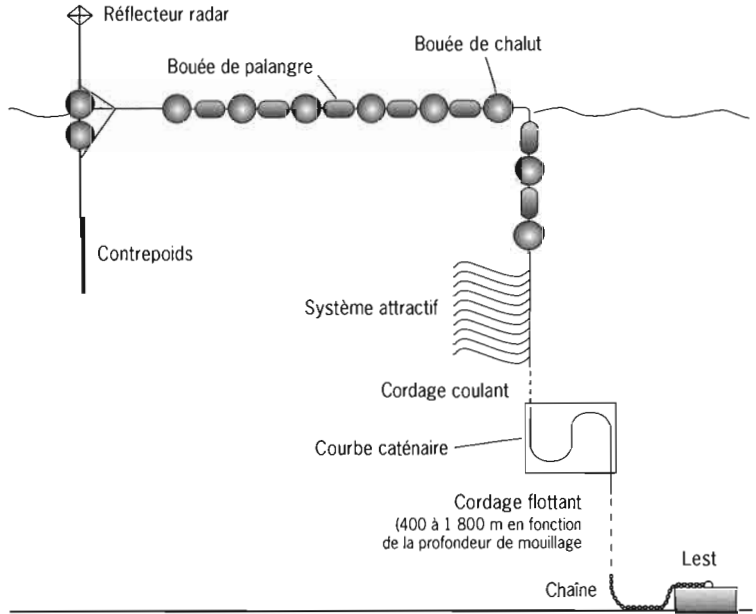
Figure 2
Champa traditionnel
des Comores (in: Le Touze
et al., 1989).



- Le modèle de base dit « modèle océan Indien »

Il s'agit d'un DCP mis au point à l'île Maurice (Roullot *et al.*, 1988a,b) (fig. 3). La partie supérieure est constituée d'un chapelet de bouées de chalut résistantes à la pression permettant son immersion lors d'épisodes de fort courant, diminuant la tension sur l'ancrage (De San & Pages, 1998). Quelques légères modifications ont été apportées à ce modèle lors du transfert dans les différentes îles. Au niveau des DCP implantés à la Réunion, après quelques années de programme et devant un nombre annuel de pertes estimé à 10, une analyse de la fiabilité des dispositifs a été réalisée.

Figure 3
DCP mi-lourd
(Tessier & Poisson, 1997).



Les principaux facteurs de perte identifiés sont de deux ordres : les facteurs intrinsèques liés à la conception même du DCP et les facteurs externes liés à l'environnement du DCP.

La conception des DCP a été améliorée par des modifications successives qui visent la réduction des phénomènes d'usure et la simplification du montage des dispositifs. La durée de vie est passée de 12 à 19 mois entre 1988 et 1996 (Detolle *et al.*, 1996).

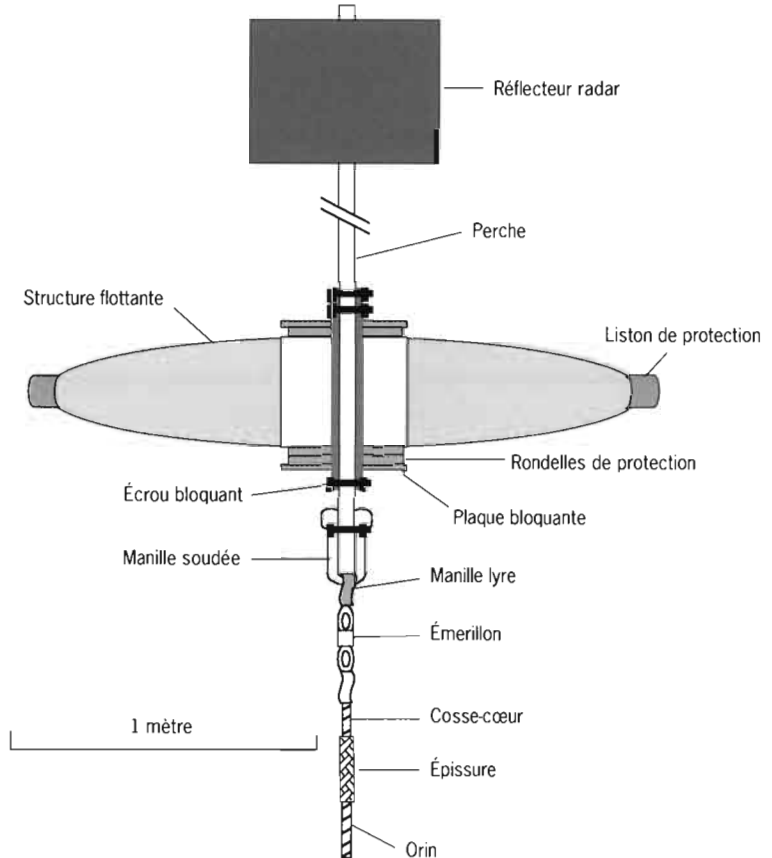
Parmi les facteurs externes influençant la durée de vie des DCP ont été identifiés :

- la fréquentation du DCP et l'utilisation de certaines techniques de pêche ;
- la houle qui semble être un facteur plus important que les courants ;
- les cargos ;
- la fréquence de l'entretien ;
- le développement de la pêche à la palangre. La ligne horizontale dérivant au gré des courants s'accroche au DCP et le cisaille ;
- les dégradations volontaires (malveillance ou récupération de matériel).

• Le DCP type « soucoupe » (fig. 4)

Enfin, à Mayotte, un nouveau modèle de DCP appelé DCP « soucoupe » a été testé en 1998. Sa conception est basée sur le modèle utilisé en Polynésie. Il offre plusieurs avantages : une bonne résistance aux contraintes mécaniques, une bonne flottabilité, une facilité de pose et d'approvisionnement et, de plus, il peut servir d'abri en cas de naufrage (non immergeable).

Figure 4
Partie supérieure du DCP
« soucoupe »
(Wendling, 1999).



Historique des programmes DCP

Afin de retranscrire la succession des programmes dans les différents pays, les principales expériences d'implantation de DCP sont résumées dans les tableaux situés en annexe (De San, 1999 pour les pays de la COI, Ah-Nième, 1997 pour la Réunion et Wendling, 1999 pour Mayotte)⁵. L'analyse comparative de ces expériences dans les différents pays de l'océan Indien permet de faire ressortir deux aspects majeurs quant à la logique et les cadres institutionnels dans lesquels ces programmes ont été mis en place.

Ainsi, à l'exception de la Réunion et de Mayotte où l'initiative revient à un organisme de recherche, l'Ifremer (avec des financements des collectivités territoriales), les programmes ont été mis en œuvre par des organismes internationaux (FAO, 1991 ; FED UE/COI) dans le cadre de projets de développement. Ceux-ci concernaient la mise au point de la technologie et son transfert mais aussi le développement des échanges d'expérience entre les pays à partir d'actions de formation et de rencontres entre pêcheurs.

5. Signalons que, pendant le PTR I (projet thonier régional), des DCP ancrés destinés à la pêche industrielle à la senne ont été posés aux Comores, aux Seychelles et à Madagascar mais le résultat n'a pas été convaincant. Les senneurs se sont ensuite tournés vers des Objets Artificiels Dérivants (OAD) mieux adaptés à leur technique de pêche.

Hormis les Seychelles, dans leur majorité, ces programmes étaient destinés au développement de la pêche artisanale⁶. Cet objectif est exprimé soit en termes d'approvisionnement du marché local (Comores, Maurice), soit en termes d'emploi (Réunion), soit en termes de rentabilité des exploitations (Mayotte, Maurice, Réunion) en recherchant une diminution des frais d'exploitation ou une diversification des techniques de pêche. À la Réunion, une fois l'activité professionnelle de pêche redynamisée, l'objectif du programme DCP fut de maintenir et d'accroître la rentabilité du secteur de la petite pêche. Dans plusieurs cas, cet objectif est assorti, simultanément ou consécutivement, d'autres objectifs parmi lesquels on peut citer :

- permettre un report de l'effort de pêche en raison de la surexploitation des ressources démersales (Comores, île Maurice, Réunion, Mayotte);
- mettre en place une gestion intégrée de la zone côtière (répartition spatiale pêche-tourisme);
- diminuer le risque ciguatérique lié à la consommation d'espèces démersales (Mayotte⁷).

Situation actuelle et contraintes

La configuration des îles et de la composition des flottilles déterminent les zones d'implantation des DCP qui, dans la zone, ont été installés entre 2 et 10 milles des côtes⁸. Toutefois, la distinction doit être faite entre les DCP destinés à la pêche des grands pélagiques et ceux destinés à celle des petits pélagiques. Aux Seychelles et, dans certaines régions de Madagascar, l'extension du plateau continental n'a pas permis l'installation de DCP accessibles à la plupart des embarcations. Aux Comores comme à Mayotte, l'implantation des champas (De San & Rotsaert, 1989) ou de DCP dans le lagon (Wendling, 1999) permet d'améliorer la disponibilité des appâts et est associée à celle des DCP profonds plus au large.

Deux tableaux tentent de résumer les principales caractéristiques et la situation à laquelle ont abouti les programmes DCP dans la zone. Le tableau 2 présente les institutions responsables des programmes, l'ampleur des réalisations et leur poids relatif par rapport aux flottilles et aux prises de la pêche artisanale des pays. Le tableau 3 présente le bilan que l'on peut faire à ce jour des réalisations et tente d'en évaluer le coût.

6. Avec toutefois quelques expérimentations au profit de la pêche industrielle à Madagascar dès 1985 et plus récemment (1987 à 1992) à Maurice, aux Seychelles et aux Comores.

7. Ainsi, à Mayotte, l'augmentation de la population et du risque ciguatérique ont amené à définir en 1998 un troisième objectif pour le programme DCP, qui répondait déjà à un essai de diversification de la pêche artisanale (1989) et devait aussi compenser la diminution des ressources lagunaires.

8. Dans certains cas, quand le type d'embarcation le permettait, ils ont été installés jusqu'à 17 milles des sites de débarquement.

Tableau 2 - Principales caractéristiques des programmes DCP.

	Comores	Madagascar	Maurice	Mayotte	Réunion	Seychelles
Institutions concernées par le programme DCP	Projet FED, projet thonier régional, Orstom	Projet thonier régional, projet régional environnement	FAO, Orstom, centre de recherche d'Albion	Direction de l'Agriculture et de la Forêt, Ifremer	Ifremer, comité régional des pêches	Pas de programme DCP, pêche artisanale (a)
Année de référence	1994	1993	1998	1998	1998	1995
Nombre de sites d'immersion dont côtiers	54 (b) 27	9	26	15	36 5	0
Parc des DCP existants	10 (c)	9	26	15	30	0
DCP mis en place au cours de l'année de référence	ND	ND	9	9	16	0
Nombre d'embarcations pêche artisanale	3 938	21 682	1 274	1 022 dont 230 barques 781 pirogues	322	380
Nombre de bateaux concernés par les DCP de façon exclusive ou régulière	Aucun exclusif	ND	50	443 (personnes)	195 (d)	0
Prises sur DCP en tonnes en % du total prises pêche artisanale	ND	ND	10 %	ND (e) 250 t	708 t	0

(a) les derniers DCP pour la pêche artisanale datent de 1987.

(b) estimation, Rey-Valette, 1998.

(c) Aboudou comm. pers., données 1999, données sur la Grande Comore, pas d'information sur les autres îles.

Plusieurs problèmes conjoncturels (rupture de stock, arrêt projet FED) ont empêché la poursuite du projet entraînant une forte diminution du parc de DCP.

(d) données 1995 dont 115 exclusifs (>75% des prises) et 80 réguliers. On dénombre aussi 702 embarcations plaisancières qui peuvent fréquenter occasionnellement les DCP.

(e) données 1999, en cours de traitement.

Tableau 3 - État actuel des programmes DCP et coût (en euros).

	Comores	Madagascar	Maurice	Mayotte	Réunion	Seychelles
Année de référence	1999	1999	1999	1999	1999	1984-1987
Zones d'implantation	DCP profonds : 10	Tuléar	Hors lagon : 20	Dans le lagon : 5 Hors lagon : 10	Côtiers : 17 Large : 30	Plateau de Mahé : 30
Situation actuelle	10	ND	20	15	30	0
Coût moyen (matériel, montage et pose)	3 295 € (a)		2 500 € (b)	3 232 à 3 506 € (c)	3 049 €	
Montant annuel du programme	Plus de budget		?	?	35 000 €	70 000 €

(a) Le Touze et al., 1989; (b) Roullot et al., 1988a,b; (c) Wendling, 1999.

L'évaluation du parc de DCP dans la zone

Au niveau global de la zone, ces tableaux permettent d'évaluer le « parc » de DCP implantés. Celui-ci peut être estimé actuellement à 75 dispositifs (tab. 3) contre 90 pour les données antérieures (tab. 2), voire 104 (sans Mayotte) dans le cadre d'une évaluation similaire faite en 1996 (Rey-Valette, 1998). On observe donc globalement un déclin des implantations avec cependant des situations différenciées selon les pays. Si pour certains il semble y avoir échec, on note une stabilisation des parcs de DCP à la Réunion et à Mayotte, voire aux Comores, même si l'état effectif des DCP est difficile à évaluer. Dans tous les cas, ces comparaisons dans le temps des situations selon les pays témoignent d'étapes de développement plus ou moins longues liées à la fois à la durée et à l'histoire des implantations ainsi qu'aux contextes économiques des pays concernés. Il convient de rappeler ici que, si l'impact biologique des DCP (concentration et augmentation du temps de passage des poissons autour d'un point fixe les rendant plus vulnérables aux engins de pêche) est un facteur indispensable de la réussite d'un programme DCP, il n'est pas le seul. En effet, dès lors que les expériences d'implantation de DCP s'effectuent dans le cadre de projets de développement, c'est-à-dire selon une logique extérieure au secteur, ces programmes se trouvent par conséquent exposés aux mêmes contraintes que les projets de développement. Ainsi, des analyses générales des projets DCP dans les pays en voie de développement font apparaître de multiples causes de dysfonctionnements, voire d'échecs, qui peuvent être classées selon neuf grandes catégories (Pooley & Boggs 1990 ; Cayré *et al.*, 1991) : la construction et la maintenance des dispositifs, l'environnement économique et social, la pêche et les pêcheries, l'absence de bénéfices économiques, la direction et le contrôle des projets, l'environnement biologique, l'environnement océanographique, l'infrastructure et enfin la réglementation. Dans le cas des programmes étudiés au niveau de l'océan Indien, on peut identifier selon les pays et selon les périodes, les contraintes suivantes :

- l'environnement océanographique hostile a été une contrainte forte lors des premières implantations ;
- la nécessité d'une régularité de l'approvisionnement en matériel. L'utilisation de matériaux synthétiques pour la construction des DCP a permis un accroissement important de la durée de vie des dispositifs, mais le passage des bambous à des matériaux de synthèse accroît la dépendance de l'extérieur. Ainsi, le manque de moyens financiers peut aboutir à la disparition du stock de matériel remettant en cause le programme. Aux Comores, il n'a pas été possible de sécuriser les approvisionnements d'intrants pour construire les DCP hors des projets de développement (De San, comm. pers.) ;
- la faible attractivité des populations locales des Comores, Mayotte, Madagascar et des Seychelles pour les poissons pélagiques. Ainsi, aux Seychelles et à Mayotte, c'est la faible valeur commerciale des espèces pêchées sur DCP, par opposition aux espèces démersales, qui explique pour partie la faiblesse de la fréquentation des dispositifs ;

- le manque d'intérêt des DCP peu profonds auprès des pêcheurs sportifs professionnels des Seychelles en raison de la forte instabilité des agrégations ;
- la largeur du plateau continental et le faible taux de motorisation des embarcations : inadéquation flottille/distance de pêche pour Madagascar (De San & Razafimbelo, 1992) ;
- les techniques de pêche traditionnelles qui étaient inadaptées à la pêche sur DCP aux Comores, à Maurice et Mayotte ;
- la compétition avec une flottille palangrière en développement à la Réunion ;
- la disponibilité d'un bateau pour la pose des DCP à la Réunion ;
- l'inadaptation de la flottille à l'exploitation des DCP en raison de configuration des sites de débarquement à la Réunion au début du programme ;
- l'inadaptation de la réglementation en matière de navigation à la Réunion, et en matière d'appât vivant à Maurice où la réglementation interdisait aux pêcheurs professionnels d'être en possession d'appâts vivants et d'utiliser des techniques pour les capturer (Venkatasamy & Sheik Mamode, 1995).

Analyse des résultats et des effets

Attractivité et impact halieutique

Des efforts de recherche biologique conséquents ont été déployés pendant le PTR II (projet thonier régional) pour évaluer les effets des DCP. Les études menées ont concerné :

- l'échosondage pour déterminer la biomasse présente sous les DCP (Conand, 1997) ;
- les marquages acoustiques qui ont été utilisés pour mettre en évidence le comportement des thons albacores (*Thunnus albacares*) dans un réseau de dispositifs de concentration de poissons (Marsac & Cayré, 1998). Les marquages ont notamment permis de préciser le rayon d'action d'un DCP (5 milles ; Cayré & Chabanne, 1986), le relâchement de l'association thon-DCP pendant la nuit ainsi que la profondeur de nage du poisson.

La revue bibliographique des captures journalières par bateau obtenues dans l'océan Indien autour des DCP montre qu'elles sont similaires à celles de l'océan Pacifique et comprises entre 50 et 85 kg pour des embarcations utilisant les lignes à main. La production annuelle estimée par DCP est très variable. Les chiffres suivants sont donnés à titre indicatif mais ne peuvent pas être comparés les uns aux autres tant les méthodes d'évaluation, les efforts de pêche développés et les techniques de pêche sont différents d'une expérience à l'autre. Les chiffres mentionnés vont de 10 t/an à Maurice (Venkatasami & Sheik Mamode, 1995), 30 t/an à la Réunion (Biais & Taquet, 1990), 47,5 t/an à Maurice (Roullot *et al.*, 1988a,b) à 75 t/an à Tuléar (De San, 1999). Même si l'impact précis des DCP sur les prises des pêcheries artisanales n'a pu être précisément

estimé, l'analyse de l'évolution des prises semble montrer que, dans le cas des Comores et de la Réunion, ils ont sans doute contribué à la croissance des débarquements. En effet, aux Comores, la production est passée de 5 000 à 6 000 t en 1983 à environ 12 000 t en 1991 tandis qu'à la Réunion les prises sont passées de 735 t en 1987 (Biais & Taquet, 1988) à 1 305 t en 1994 (Tessier, 1996). Néanmoins, il faut être très prudent sur le rapprochement de ces évolutions, en soulignant le fait que la mise en place des DCP s'accompagne en général, en particulier aux Comores, de la mise en place ou de l'amélioration du suivi des débarquements qui peut expliquer aussi pour partie l'accroissement des prises.

Au niveau des espèces présentes sous les DCP, bien qu'aucune liste n'ait été établie au niveau de l'ensemble de la zone ouest de l'océan Indien, il semble probable que la compilation des listes d'espèces capturées à Maurice (Roullot *et al.*, 1988a,b; Venkatasamy & Sheik Mamode, 1995) et à la Réunion (Biais & Taquet, 1988) puisse être étendue à tous les pays de la zone, à l'exception du germon dont la distribution est plus tempérée et qui est peu présent dans la partie nord de la zone. Au total, une vingtaine d'espèces peuvent ainsi être recensées, dont certaines quantitativement plus importantes, comme le thon albacore et la dorade coryphène à la Réunion et à Maurice (tab. 4).

Tableau 4 - Principales espèces capturées sous les DCP de la zone ouest de l'océan Indien.

Thon albacore	<i>Thunnus albacares*</i>	Espadon	<i>Xiphias gladius</i>
Thon obèse	<i>Thunnus obesus*</i>	Barracuda	<i>Sphyrna barracuda</i>
Thon germon	<i>Thunnus alalunga*</i>	Prodigalson	<i>Elagatis bipinnulata</i>
Listao	<i>Katsuwonus pelamis</i>	Requin tigre	<i>Galeocerdo cuvieri</i>
Bonite à dos rayé	<i>Euthynnus affinis</i>	Requin océanique	<i>Carcharhinus longimanus</i>
Wahoo	<i>Acanthocybium solandri</i>	Requin peau bleue	<i>Prionace glauca</i>
Thon dents de chien	<i>Gymnosarda unicolor</i>	Requin taupe bleu	<i>Isurus oxyrinchus</i>
Dorade coryphène	<i>Coryphaena hippurus*</i>	Requin marteau halicorne	<i>Sphyrna lewini</i>
Marlin bleu	<i>Makaira mazara</i>		
Marlin noir	<i>Makaira indica</i>		
Lancier	<i>Tetrapterus angustirostris</i>		
Voilier	<i>Istiophorus platypterus</i>		

* Les thons majeurs (du genre *Thunnus*) et la dorade coryphène représentent de 60 % à plus de 90 % des prises (Roullot *et al.*, 1988a; Tessier & Poisson, 1997).

Cependant, la disponibilité saisonnière des espèces n'est pas constante. À l'île Maurice et à la Réunion, si le thon albacore reste présent à toutes saisons, plusieurs auteurs (Roullot *et al.*, 1988a; Tessier & Poisson, 1997) mettent en évidence deux périodes optimales de captures de la dorade coryphène centrées sur les mois de juin et novembre. Le thon germon est lui surtout présent du mois d'octobre au mois de février (Venkatasami & Sheik Mamode, 1995).

De San (1999) mentionne qu'à Tuléar (sud-ouest de Madagascar), 150 t/an sont capturées sur deux DCP dont la moitié sont des requins exploités pour les ailerons.

Enfin, peu d'études ont précisé la répartition des captures par classe de taille. Elles ont été essentiellement menées à Maurice pour les quatre

espèces principales : dorade coryphène, thon albacore, listao et wahoo, (Roullot *et al.*, 1988a,b ; Venkatasami & Sheik Mamode, 1995).

Attractivité économique

Les résultats économiques peuvent être évalués, soit au niveau des pêcheurs à partir de leur fréquentation des DCP, signe de l'intérêt qu'ils leur accordent et de l'impact sur la rentabilité des unités, soit à l'échelle des consommateurs. Ce sont les effets sur les marchés qui permettent d'évaluer l'impact sur la demande, voire sur l'équilibre alimentaire du pays.

Fréquentation des pêcheurs et évolution des techniques et des pratiques

Les résultats en termes de fréquentation varient fortement selon les pays en fonction de multiples paramètres. On peut classer les pays en deux groupes :

- Les Seychelles, Tamatave (côte est de Madagascar) et Maurice où la fréquentation des dispositifs est restée peu importante en raison de la faible valeur commerciale du listao (principale espèce pêchée), des difficultés d'accès et de l'éloignement pour les Seychelles et à Tamatave.
- Les Comores, Réunion et Mayotte, où l'on note au contraire une fréquentation significative, voire importante. Ainsi, aux Comores, de 30 % à 40 % des pêcheurs sont intéressés par les DCP (Rey-Valette, 1998), tandis qu'à Mayotte 54 % déclarent pêcher occasionnellement et 20 % régulièrement autour des DCP. À la Réunion, les DCP sont utilisés par les pêcheurs professionnels et plaisanciers. L'activité de pêche sur DCP représentait, en 1994, 33 % des sorties en mer des professionnels et 7,5 % des non professionnels (Tessier & Poisson, 1997)⁹.

Dans le cas de la Réunion, l'analyse des stratégies des pêcheurs montre que le choix de pêche autour des DCP s'effectue en fonction d'un arbitrage entre les risques et l'espérance de gain, qui sont appréciés par les pêcheurs en fonction d'informations sur la présence ou non de poissons, sur le niveau de fréquentation et, enfin, selon l'éloignement du port. Si la pratique quasi exclusive des DCP a été une stratégie d'exploitation qui a perduré de 1990 à 1994, la normalisation des DCP a amené certains pêcheurs à diversifier leur activité (quatre métiers différents identifiés par Roos *et al.*, 1997). La capture de l'appât vivant avant de se rendre sur le DCP a entraîné un allongement des sorties en mer. Certains pêcheurs fréquentent un ou deux DCP durant une journée de pêche, d'autres peuvent aller pêcher sur trois ou quatre dispositifs. D'autres encore se regroupent et disposent alors d'une embarcation dans chacun des deux sites arrêtés ; l'embarcation la plus proche du meilleur site potentiel sera retenue pour la journée de travail.

Enfin, pour les embarcations adaptées, une étude de l'impact sur la rentabilité des unités de pêche atteste d'une progression de l'excédent brut d'exploitation de plus de 157 % (Detolle *et al.*, 1996).

9. Une estimation de la fréquentation potentielle par DCP a été réalisée en fonction du nombre de bateaux par port et du rayon d'action des bateaux. Ainsi, en fonction de leur emplacement, les DCP sont visités par 8 à plus de 100 bateaux (Detolle *et al.*, 1996).

Les caractéristiques des populations de pêcheurs fréquentant les DCP sont présentées au tableau 5.

Tableau 5 - Ensemble des flottilles de pêche artisanale et types de pêcheurs travaillant sur DCP.

Pays	Comores	Madagascar	Maurice	Mayotte	Réunion
Flottille artisanale	3 938	21 682	1 274	1 022 (a)	322
dont motorisée	924	182	236	230	322
Pêcheurs travaillant sur DCP	Artisans	Artisans (b) Pêche au gros (c)	Artisans Pêche au gros	Artisans Plaisanciers (d)	Artisans Pêche au gros, plaisanciers

(a) dont 230 barques (97 % motorisées) et 792 pirogues (30,2 % motorisées); (b) un statut juridique de pêcheur professionnel existe à Maurice et à la Réunion et dans une moindre mesure à Mayotte (pluriactifs), donnant droit à des aides structurelles, notamment pour l'acquisition de moyens de production; (c) pêche sportive professionnelle touristique; (d) pêche de loisir.

Concernant les techniques utilisées, leur adaptation au DCP et l'acceptation du DCP sont d'autant plus rapides que les pêcheurs maîtrisent les techniques et connaissent les espèces, pour lesquelles des marchés existent donc déjà. C'est essentiellement le cas à la Réunion et aux Comores où, du fait de l'absence de plateau et de lagon, l'exploitation des poissons pélagiques était déjà pratiquée. Ailleurs, la pêche artisanale concernait surtout l'exploitation des ressources démersales. Les techniques de pêche pratiquées autour des DCP varient selon les pays, même si de nombreux transferts et échanges ont été pratiqués dans le cadre des projets régionaux (cf. supra). À la Réunion et à Maurice, la traîne, technique principale des pêcheurs sportifs, a été remplacée par des techniques de dérive et de palangre verticale, plus économes et plus efficaces. Pour ces techniques, l'efficacité maximale est obtenue avec un appât vivant. Aux Comores, au contraire, la traîne reste la technique la plus pratiquée, sachant que la pêche à l'appât est refusée dans certains villages car, pour des raisons culturelles, les pêcheurs refusent de sacrifier le premier poisson capturé (Rey-Valette, 1998).

Impact sur les marchés et l'approvisionnement alimentaire

L'impact des DCP sur l'aval de la filière et les marchés n'est observable que lorsque la fréquentation des DCP est significative et qu'elle se traduit par une progression des débarquements ou une modification de la composition ou de la taille des captures. On ne peut donc observer de tels effets que pour la Réunion et les Comores, et plus marginalement pour l'île Maurice.

Aux Comores, les DCP ont permis d'accroître sensiblement les débarquements de poissons pélagiques. Cependant, cette augmentation de production n'a pas aplani les variations saisonnières des débarquements mais, au contraire, a renforcé les pics de production saisonniers, entraînant une saturation locale des circuits de commercialisation à certaines périodes (Rey-Valette, 1998).

À la Réunion, l'augmentation importante des débarquements et la mauvaise structuration du marché local ont contribué à faire baisser les prix de vente du thon de 35 F/kg à 25, voire 20 F/kg (Detolle, 1996). En 1994, l'importante progression de la production a conduit à un effondrement des prix et à un désintérêt relatif pour les DCP. Cette crise

commerciale a débouché sur divers conflits au sein de la filière qui ont été résolus par le transfert de la gestion des DCP au comité régional de pêches au sein d'une commission pluripartite (pêcheurs, gestionnaires et scientifiques) (Ah-Nième, 1997). Enfin, à la fois la progression des prises et les modifications d'horaires résultant de la modification des techniques de pêche ont conduit à la mise en place de structures de commercialisation garantissant les critères sanitaires de conservation (continuité de la chaîne du froid). C'est ainsi qu'ont été créés des GIE (groupements d'intérêt économique, regroupant de 5 à 8 pêcheurs) bénéficiant d'aides pour l'acquisition de chambres froides et de machines à glace, afin de permettre une meilleure valorisation des produits.

De même, on peut noter la création de comités villageois des pêcheurs et éleveurs marins de Mayotte (Covipemm) pour stocker les excédents qui sont ensuite revendus par une structure centrale, la Copemay¹⁰.

Enfin, à Maurice, du fait d'une forte demande intérieure en poisson frais, l'installation des DCP n'a eu aucun effet sur les prix de vente (Venkatasami & Sheik Mamode, 1995).

Intégration et pérennisation des DCP : les conditions de réussite à moyen terme des DCP

Dans la zone, la Réunion présente l'expérience DCP la plus stable et la plus avancée du point de vue de son intégration sociale et halieutique. Ah-Nième (1997) identifie six facteurs qui ont semblé déterminants dans la durabilité de l'expérience DCP à la Réunion :

- Prise en compte des réalités de la petite pêche dans la conception, la pose et la gestion des premiers DCP ;
- Gestion efficace du parc DCP (fabrication et pose des DCP non dissociées de leur entretien) ;
- Implication progressive des pêcheurs dans la gestion des DCP (de la construction des dispositifs à la gestion du programme DCP) ;
- Consensus entre les différents acteurs de la pêche pour dégager des intérêts communs ;
- Présence d'un environnement financier favorable ayant permis la pérennisation du programme (adaptation des flottilles, des infrastructures portuaires, développement d'outils de commercialisation) ;
- Apparition de nouvelles espèces en quantité abondante et relativement stable d'une année à l'autre.

Plus généralement, la réussite des programmes DCP à moyen terme suppose une bonne intégration dans la filière, c'est-à-dire leur adoption par les pêcheurs avec les adaptations nécessaires pour que leur exploitation s'effectue dans des conditions économiquement efficaces au niveau du secteur, des intrants et du marché. Par ailleurs, à l'échelle institutionnelle du système de gestion, il convient que les DCP puissent bénéficier de conditions sociales favorables, que des adaptations des mesures, voire de la logique de la gestion des pêches puissent être prises

10. Coopérative des pêcheurs de Mayotte.

de façon non seulement à éviter les conflits et préserver les ressources, mais aussi à mettre en place les bases d'une gestion intégrée à l'échelle du littoral et de la bande côtière pour laquelle une structuration forte de la profession devient indispensable.

Conditions financières

En premier lieu, rappelons que, à l'exception de la Réunion et de Mayotte, les programmes DCP ont été menés dans le cadre de programmes internationaux. Dès lors, la pérennisation des DCP à la fin de ces programmes dépend dans un premier temps des budgets alloués par les gouvernements et, à plus long terme, de la capacité d'autofinancement des communautés de pêcheurs. Si, à Maurice et à la Réunion, des budgets récurrents sont alloués, aux Comores et à Madagascar, les ressources financières limitées et l'ampleur des problèmes économiques ne permettent pas une poursuite du programme, malgré son caractère stratégique pour l'île, en particulier en matière d'équilibre nutritionnel.

Suivi, gestion opérationnelle et appropriation des structures par les pêcheurs

La mise en place d'un système de suivi des captures sur DCP est une condition à la fois pour l'adaptation des mesures de gestion et pour permettre une meilleure connaissance des tactiques et stratégies des pêcheurs ainsi que des comportements de la ressource autour des DCP. Cependant, la mise en place d'un suivi à l'échelle des programmes dans leur ensemble (et non des suivis scientifiques ponctuels) reste une question problématique, pour laquelle il existe peu d'exemples pérennes. En effet, dans les pêcheries artisanales, la dispersion des sites de débarquement et le nombre important d'unités de production rendent le suivi des prises à la fois lourd et coûteux. L'utilisation de carnets de pêche distribués aux utilisateurs est délicat dans le cas de la pêche artisanale et il a donné des résultats décevants aussi bien à Maurice qu'à la Réunion (Tessier & Poisson, 1997). Des enquêtes au débarquement sont effectuées à Mayotte depuis 1997, et ont eu lieu à la Réunion en 1987-1988 et 1993-1994, aux Comores en 1996 et à Maurice en 1995. À Mayotte et à la Réunion, une des solutions envisagées pour obtenir un meilleur rendement coût-fiabilité des données est de passer par des structures de centralisation des captures (Covipemm, GIE).

Il est également nécessaire de mettre en place un suivi technique de l'entretien et du renouvellement des DCP et des procédures de prise en charge du coût et des actions dans lesquelles les professionnels sont étroitement associés. En effet, on a pu montrer que la régularité de l'entretien assurait la longévité des dispositifs en diminuant les risques de perte, ce qui permet par là une réduction des coûts unitaires (une réparation coûte moins chère qu'une pose) et une économie de matériel. Ces conditions supposent des transformations dans l'organisation de la profession et des institutions publiques chargées de la gestion des pêches. C'est à ces niveaux que se joue la réussite à long terme des DCP.

Dans le cas des programmes mis en place dans la zone, différentes formes et structures existent pour la prise en charge de la mise en œuvre opérationnelle (tab. 6).

Tableau 6 - Organisation de la gestion opérationnelle des DCP dans la zone.

	Comores	Maurice	Mayotte	Réunion
Financement	PTR II + projet FED	Ministère des pêches	Collectivité territoriale	Collectivité locale (conseil général)
Gestion financière	PTR II + projet FED + participation des pêcheurs aux frais d'ancrage (carburant) et d'entretien	Service des pêches à travers le centre de recherche de pêche d'Albion (AFRC)	Service des pêches et de l'environnement marin de la direction de l'Agriculture et de la Forêt	École d'apprentissage Apripêche puis comité régional des pêches
Mise en place et gestion opérationnelle des DCP	Matériel mis à la disposition des chefs de villages et chefs des pêcheurs avec le soutien de la direction des Pêches (immersions)	AFRC	Service des pêches et de l'environnement marin de la direction de l'Agriculture et de la Forêt	Commission DCP réunissant tous les professionnels, des gestionnaires et des scientifiques

Les conflits d'usage autour des DCP

Les conflits peuvent intervenir soit entre pêcheurs, soit entre pêcheurs et plaisanciers ou pêche sportive lorsque les deux populations utilisent les DCP (tab. 5). Dans tous les cas, les conflits sont fonction de l'importance de la fréquentation des DCP.

Les conflits au sein de la communauté des pêcheurs

Les conflits entre pêcheurs interviennent le plus souvent lorsque plusieurs techniques de pêche sont pratiquées autour du DCP en occasionnant des gênes mutuelles entre pêcheurs, ou lorsque la fréquentation autour d'un même DCP est trop importante. À la Réunion, certains DCP sont fréquentés par une centaine d'embarcations (Detolle *et al.*, 1996) et la solution choisie devant le développement de l'activité a été d'augmenter le nombre de DCP, celui-ci passant de 10 en 1988 à 30 en 1998. Dans le cas de la Réunion, les conflits d'espace entre métiers existent à deux niveaux. Pour les DCP du large, ils ont surtout lieu avec la flottille de palangriers. Inversement, en se rapprochant des côtes, la mise en place de DCP côtiers a entraîné des conflits entre la pêche à la senne de plage et la pêche à la ligne à main. La mise en place de DCP par les pêcheurs à la senne a rendu la ressource exploitée, le « pêche cavale » (*Selar crumenophthalmus*) plus accessible à leur engin de pêche. Ce conflit a fait l'objet d'un règlement amiable permettant de préserver les intérêts des deux métiers. Aux Comores, il semble qu'il n'y ait pas de gestion de l'accès au DCP mais plutôt une régulation des pratiques utilisées autour des DCP. Cependant, en Grande Comore, il existe un partage tacite de la bande littorale calqué sur l'emprise terrestre des villages, qui entraîne une appropriation des DCP, surtout côtiers, par certains villages et qui est ainsi générateur de nombreux conflits liés à l'origine des pêcheurs et aux techniques pratiquées (Rey-Valette, 1998).

Les conflits entre pêcheurs et plaisanciers ou pêcheurs de pêche sportive

À la Réunion, les DCP ont créé de nouvelles zones de pêche. Ils se sont donc bien intégrés dans le système halieutique et ont agrandi l'espace maritime pouvant être exploité régulièrement. L'appropriation des dispositifs n'a pas conduit à des prétentions d'usage exclusif et n'importe quel DCP est accessible au pêcheur professionnel qui souhaite s'y rendre. Par contre, la compétition entre les pêcheurs professionnels et les plaisanciers a amené l'Administration à limiter la possibilité d'accès des DCP pour les plaisanciers, sans l'interdire totalement pour éviter tout risque de vandalisme. À Maurice, même si peu de conflits ont été observés, il est envisagé d'installer des DCP réservés à la pêche sportive, ceci afin de limiter les interactions avec les pêcheurs professionnels. Néanmoins, les interactions peuvent aussi être positives lorsque la pêche sportive, en tant que première utilisatrice des DCP, incite, par ses prises, des pêcheurs artisans à tenter l'expérience au large.

Conclusion

La concentration spatiale de l'effort de pêche qu'entraîne le DCP, si elle est souvent source de conflit dans un premier temps, peut devenir dans un deuxième temps, une opportunité de gestion. En effet, les DCP peuvent être des outils à prendre en compte pour la gestion de l'espace littoral en permettant une répartition des acteurs sur le plan d'eau. Si jusqu'à maintenant, les DCP n'ont pas abouti à une réelle diminution de l'effort de pêche sur les ressources démersales¹¹ (Rey-Valette, 1998), la situation critique des récifs coralliens des pays de la zone va obliger les États à prendre des mesures de gestion contraignantes, notamment pour les pêcheurs. Afin de concilier protection et revenus des pêcheurs, les DCP côtiers ont été identifiés comme une des actions pilotes de gestion intégrée de la zone côtière lors du Programme COI Environnement (PRE-COI) en se basant sur les expériences positives de Maurice et de la Réunion (Charpy *et al.*, 1998). Cette orientation s'est traduite en 1998 par l'installation de trois DCP mouillés par la coordination nationale comorienne du PRE-COI à Itsandra et Mitsamiouli. L'installation de DCP côtiers a été aussi menée à Mayotte (Wendling, 1999) et une telle implantation est envisagée dans la réserve de Mananara au nord de Madagascar et en Grande Comore, en dehors des limites prévues de la future réserve Coelacanth (Aboudou, comm. pers.).

Les programmes DCP, comme les récifs artificiels, peuvent être des outils efficaces pour la promotion d'une gestion communautaire de l'espace marin littoral, à condition qu'ils soient planifiés et gérés avec une participation active des pêcheurs. L'objectif n'est plus uniquement l'exploitation des ressources pélagiques, mais un objectif plus large comprenant le développement d'une filière de production, tout en s'intégrant dans une stratégie de gestion intégrée des espaces littoraux.

11. La proximité des ressources démersales et leur prix de vente élevé attirent toujours une fraction des pêcheurs, même si les rendements ont diminué.

Références bibliographiques

- Aboutou A., Andriantsoa M.H., Bauljeewon S.C., Grandcourt E., Tessier E., Rey-Valette H., Laloë F., Pianet R., 1996. Pêcheries artisanales et industrielles autres que thonières dans l'océan Indien. Rapport d'analyse comparative des systèmes statistiques, Atelier de travail, 2-6 juin, île de la Réunion, 24 p. + annexes.
- Ah-Nième D., 1997. Approche anthropologique d'un processus d'innovation : pêche artisanale et dispositifs de concentration de poissons à l'île de la Réunion. Rapport de stage Ifremer/PTR II, DEA Lettres et Sciences sociales, option anthropologie, université de la Réunion.
- Anderson J., Gates D.P., 1997. Manuel de la Commission du Pacifique Sud sur les dispositifs de concentration de poissons (DCP). I. Planification des programmes DCP. CPS, Nouméa, Nouvelle-Calédonie, 50 p.
- Anon., 1998. Étude de faisabilité d'un projet régional de développement de la pêche. Rapport provisoire. Secrétariat général de la Commission de l'océan Indien. Programme cadre de coopération technique, août 1998.
- Anon., 1996. Le marché des grands pélagiques à la Réunion. Modernisation de la filière. Rapp. UE/CRPMEM/Cofrepêche, 143 p.
- Biais G., Taquet M., 1988. Projet d'implantation de DCP à la Réunion, Rapp. Intern. Ifremer, Drv/rh.
- Biais G., Taquet M., 1990. Technologie des dispositifs de concentration de poissons et techniques de pêche aux gros pélagiques. Rapp. Intern. Ifremer Réunion, Drv/rh 90/58.
- Biais G., Taquet M., 1990. Dispositifs de concentration de poissons autour de l'île de la Réunion (océan Indien). Rapp. Intern. Ifremer Réunion, Drv/rh 90/05, 26 p.
- Biais G., Taquet M., 1992. La pêche locale aux abords de la Réunion. Éd. Ifremer, Repères Océan, 2, 77 p.
- Cayré P., Chabanne J., 1986. Marquage acoustique et comportement de thons tropicaux (albacore : *Thunnus albacares*, et listao : *Katsuwonus pelamis*) au voisinage d'un dispositif concentrateur de poissons. *Oceanogr. Trop.*, 21, 167-183.
- Cayré P., Reviers X. (de), Venkatasamy A., 1991. Practical and legal aspects of settlement and exploitation of Fish Aggregating Devices (FADs). *In: Symposium on artificial reefs and Fish Aggregating Devices as tools for the management and enhancement of marine fisheries resources*, Colombo, Sri Lanka, 14-17 mai 1990. RAPAF AO, 1991/10, 75-82.
- Charpy L., David G., Marhavo J., Mosaheb J., 1998. Atelier Régional Récif de Tuléar. Finalisation du plan d'action régional Récif. Projet Environnement COI/UE ; GREEN océan Indien, 92 p.

- Conand F., 1997. Prospections par échosondeur au voisinage des DCP à la Réunion. Doc. Orstom/PTR II/CAN Réunion, 23 p.
- Conand F., 1995. Étude du comportement alimentaire et du comportement de déplacement suivi par marquage acoustique. Rapport d'avancement de l'action III du CAN : Amélioration des connaissances concernant les DCP, 34 p.
- De San M., 1999. Note récapitulative sur les expériences DCP dans les pays de la COI, 3 p.
- De San M., Pages A., 1998. DCP : l'expérience de l'océan Indien occidental. Bull. Inf. CPS, 3, 24-29.
- De San M., Razafimbelo H., 1992. Rapport de mission à Tamatave. *In*: Rapport semestriel d'activité de l'Association thonière.
- De San M., Rotsaert E., 1989. Rapport technique sur les dispositifs de concentration de poissons (DCP) profonds utilisés en zone à courant fort dans l'océan Indien. Projet FED n° 5100.36.01.048, 32 p.
- Detolle J.-P., Tessier E., René F., Roos D., Sacchi J., 1996. Étude en vue d'optimiser le coût et la longévité des dispositifs de concentration de poissons de l'île de la Réunion : approche technico-économique. Rapp. Intern. Ifremer Réunion, Drv/rh 96/14, 73 p. + annexes.
- FAO, 1991. Recommandations. Report of the Symposium on artificial reefs and Fish Aggregating Devices as tools for the management and enhancement of marine fisheries resources, Colombo, Sri Lanka, 14-17 mai 1990. RAPA-FAO, 1991/10, 27 p.
- Gates P., Cusack P., Watt P., 1997. Manuel de la Commission du Pacifique Sud sur les dispositifs de concentration de poissons (DCP). II. Fabrication des DCP pour grande profondeur. CPS, Nouméa, Nouvelle-Calédonie, 50 p.
- Le Touze D., Reviers X. (de), Williams J., 1989. Mise en place et suivi des DCP aux Comores. Centre d'appui des Comores. Doc. Assoc. Thonière, 12 p. + annexes.
- Marsac F., Stequert B., 1987. La pêche aux thons autour d'épaves ancrées dans l'océan Indien. Pêche Marit., juillet-août, 439-446.
- Marsac F., Cayré P., 1998. Telemetry applied to behaviour analysis of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*, Bonnaterre, 1978) movements in a network of Fish Aggregating Devices. *Hydrobiologia*, 371/372, 155-171.
- Pianet R., 1998. État des stocks de thonidés dans l'océan Indien. *In*: Le Thon : Enjeux et Stratégies pour l'océan Indien. Conférence thonière Internationale. Commission océan Indien-Union européenne, 27-29 novembre 1996, Maurice. Cayré P. & Le Gall J.-Y. (eds). Colloq. Sémin. Inst. Fr. Rech. Sci. Dév. Coop. Orstom.

- Pooley S.G., Boggs C.H., 1990. USAID and NOAA Fisheries workshop on planning a system of Fish Aggregating Devices for less developed countries. National Marine Fisheries Science, Honolulu Laboratory, Hawaii. Admin. Rep. H90-15, 62 p.
- Rey-Valette H., 1998. Innovation ou révolution dans les pratiques de pêche. Essai de prospective par rapport aux dispositifs de concentration de poissons. *In: Le Thon : Enjeux et Stratégies pour l'océan Indien*. Conférence thonière Internationale, Commission Océan Indien-Union européenne, 27-29 novembre 1996, Maurice. Cayré P. & Le Gall J.-Y. (eds). Colloq. Sémin. Inst. Fr. Rech. Sci. Dév. Coop. Orstom.
- Roos D., Tessier E., Guyomard D., 1997. Évolution de l'activité halieutique à la Réunion de 1990 à 1996. Rapp. Intern. Ifremer.
- Roullot J., Venkatasami A., Soondron S., 1988a. Captures de grands pélagiques autour des DCP à l'île Maurice. Expert consultation on the stock assessment of tunas in the Indian Ocean. Mauritius, 22-27 juin 1988, 19 p.
- Roullot J., Venkatasami A., Soondron S., 1988b. Les trois premières années d'exploitation des dispositifs de concentration de poissons à l'île Maurice. Rapp. Tech. FADs, 86 p.
- Sweenarain S., 1998. Note de synthèse sur le Projet Régional II de la Commission de l'océan Indien. *In: Le Thon : Enjeux et Stratégies pour l'océan Indien*. Conférence thonière Internationale, Commission océan Indien, Union européenne, 27-29 novembre 1996, Maurice. Cayré P. & Le Gall J.-Y. (eds). Colloq. Sémin. Inst. Fr. Rech. Sci. Dév. Coop. Orstom.
- Tessier E., 1996. Mise en place d'un système de récolte de données sur la pêche thonière à la Réunion. Rapp. Intern. Ifremer, 27 p.
- Tessier E., Poisson E., 1997. Bilan sur la mise en place d'un système de récolte de données sur la pêche artisanale sur DCP. Doc. Sci. AT/COI/PTR2, 34, 48 p.
- Thébaud O., 1996. Le secteur des pêches à Mayotte. Évolutions récentes et perspectives de développement. Rapp. GREEN Cirad, contrat Ifremer, 57 p. + annexes.
- Venkatasamy A., Sheik Mamode A., 1995. Fish Aggregating Devices (FADs) as a tool to enhance production of artisanal fishermen: problems and perspectives. *In: Proceedings of the Sixth Expert Consultation on Indian Ocean Tunas*, 121-125.
- Wendling B., 1999. Synthèse sur les dispositifs de concentration de poissons (DCP) à Mayotte. Rapp. Collectiv. Territ. de Mayotte, 22 p.

Annexe - Historique sommaire des programmes DCP de la zone sud-ouest de l'océan Indien

Tableau 7 - Aux Comores.

1956-1960	Premiers champs en bananier puis en bambou, d'abord destinés à la pêche aux requins puis aux autres pélagiques (thons, dorades).
1982	Projet OISO FAO : pose d'un DCP profond à la Grande Comore, pêche traditionnelle. Vice de construction, détruit après 1 mois.
1983-1984	Projet OISO FAO : pose de 2 DCP profonds à Anjouan, pêche traditionnelle.
1986-1988	PTR I-COI/FED : pose d'un petit réseau de DCP de modèle mauricien autour d'Anjouan pour la pêche traditionnelle.
1987-1991	Projet FED pêche artisanale : 1 ^{re} phase centrée sur la Grande Comore. Pose d'un réseau de DCP destiné à la pêche traditionnelle. Après la 2 ^e phase du projet : situation problématique par manque chronique de matériel pour les DCP.
1992-1996	PTR II-COI/FED : pose d'un réseau de DCP profonds et côtiers autour d'Anjouan. Pour pallier en partie le manque de matériel, le PTR II a laissé dans 10 des principaux villages l'équivalent de 2 DCP profonds et 3 DCP côtiers.

Tableau 8 - À Madagascar.

1987-1992	PTR II-COI/FED : programme de DCP pour la pêche traditionnelle/artisanale sur 3 sites. Sur la côte est à Antalaha et Tamatave : En raison de l'état de la mer et la distance des DCP de la côte, il a été impossible d'attirer une pêche traditionnelle en nombre suffisant, et ce, même sur des DCP peu profonds, sur le bord du talus continental. Sur la côte ouest à Tuléar : ce programme comportait la pose et le maintien de 5 DCP à Tuléar et vers le nord de Tuléar. Seuls les DCP de Tuléar ont rencontré un succès auprès de la pêche traditionnelle. Un stock de 10 DCP a été laissé aux services des pêches pour le remplacement et l'entretien avec l'aide d'un projet FAO. Les DCP au nord de Tuléar n'ont été visités que par la pêche sportive des hôtels qui n'ont jamais voulu s'organiser pour participer à leur remplacement.
1997-1999	DCP peu profonds opérationnels au Cap Masoala (Antalaha). Ils sont posés et entretenus par un hôtel et destinés à la pêche sportive commerciale.

Tableau 9 - À Maurice.

1983	Dans le cadre du Projet régional de la FAO, deux DCP profonds ont été ancrés : le premier a été ancré trop profond, le deuxième a été détruit après trois jours par les opérateurs de la pêche sportive de Rivière Noire qui avaient pris le DCP pour un engin de pêche asiatique.
1986	Projet FAO/PNUD : pose d'un réseau de DCP pour Maurice et Rodrigue. Trois types de DCP testés, légers et mi-lourds, seuls les mi-lourds sont adaptés aux conditions locales. Treize DCP posés la première année. Différentes techniques de pêche testées.
1986-1999	Ce programme continue toujours à ce jour après la clôture du Projet FAO/PNUD mais sur Maurice uniquement.
1992-1996	PTR II-COI/FED : fourniture de matériel de DCP et pose de DCP peu profonds (200 à 400 m) sur Maurice uniquement.

Tableau 10 - À Mayotte.

1989	Deux premiers DCP installés d'après le modèle mauricien, durée de vie 8 mois avec intervention de l'Ifremer.
1991	Cinq DCP installés en modifiant le modèle initial.
1992	Association de DCP dans lagon et hors-lagon pour favoriser la pêche des poissons pélagiques à l'appât vivant.
1998	Relance du programme en raison de nouvelles contraintes environnementales et démographiques avec un nouveau modèle de DCP (DCP « soucoupe »).

Tableau 11 - À la Réunion.

1987-1988	<p>Le conseil régional de la Réunion réalise une étude préconisant l'installation de récifs artificiels pour relancer la pêche artisanale. Le projet est abandonné car jugé trop onéreux.</p> <p>L'Ifremer propose de tester à la Réunion le modèle de DCP ayant fait ses preuves dans les eaux mauriciennes.</p> <p>Le conseil régional décide de financer un programme d'implantation de DCP. Les premiers dispositifs sont testés avec succès en 1987. Dix DCP mi-lourds sont installés en 1988. Ils sont construits par les chercheurs de l'Ifremer et posés par un bateau de la Marine nationale et par celui de l'École d'apprentissage maritime (EAM). Ils sont utilisés par les pêcheurs.</p> <p>Un programme de recherche visant l'évaluation des captures autour des dispositifs est mis en place par l'Ifremer.</p>
1988-1989	<p>Le conseil régional maintient le financement du programme DCP. L'Ifremer assure la maintenance du parc DCP et en installe deux nouveaux. On utilise toujours le bateau de l'EAM pour la pose des dispositifs.</p>
1989-1991	<p>Le conseil régional assure toujours le financement du programme DCP. Un programme d'amélioration des DCP est mis en place durant l'été austral 1989-1990. Il vise à rendre moins coûteux les dispositifs ainsi qu'au test de nouvelles techniques de pêche pour les gros pélagiques. L'EAM assure la maintenance et le suivi technique des DCP. Elle stocke le matériel de construction des dispositifs; des pêcheurs viennent y fabriquer les DCP qui seront installés à proximité de leur site de débarquement. Deux DCP sont installés en 1989 et quatre en 1990.</p>
1991-1994	<p>Le secteur de la petite pêche relève maintenant du conseil général de la Réunion. Ce dernier continue le financement de la fabrication, de la pose, de l'entretien et du suivi technique des DCP. Le comité technique DCP (comité régional des pêches) choisit les sites de pose des dispositifs.</p> <p>La gestion du parc DCP passe de l'EAM à Apropêche (association des pêcheurs professionnels).</p> <p>Les dispositifs sont installés par les pêcheurs sur le bateau de l'EAM. Deux DCP sont installés en 1991, 10 en 1992, 3 en 1993, 4 en 1994.</p>
1995-1999	<p>Un pic de production à la fin de l'année 1994 fragilise le circuit de commercialisation et la structure Apropêche disparaît.</p> <p>En 1995, la gestion du parc DCP n'est plus assurée et un grand nombre d'entre eux disparaissent à cause du manque d'entretien.</p> <p>Le conseil général transfère alors les crédits d'Apropêche vers le comité régional des pêches. Ce dernier confie la fabrication, la maintenance et la pose des DCP à un nombre restreint de pêcheurs rémunérés pour cette activité. Un DCP est posé en 1995, un en 1997, un en 1998. Le nombre maximum de DCP mouillés à un moment donné est de trente.</p>

Tableau 12 - Aux Seychelles.

1982	Projet OISO FAO : pose d'un DCP profond en face de Denis Island et d'un DCP peu profond en face de Mahé. Cinq DCP posés sur des fonds de 1 500 m en métal et bambou. Concentrations importantes de poissons observées mais pas de suivi. Trente DCP posés sur le plateau de Mahé. Radeaux peu chers avec des matériaux locaux, mauvaise tenue en mer.
1984	Quinze radeaux déployés autour de Mahé, Praslin, La Digue fabriqués en bambou et pneus. Malgré une tenue médiocre et des sabotages, ils assurèrent un complément de production pour la pêche artisanale.
1986	Deux DCP construits avec des bouées incompressibles posés devant Bird et Denis Islands. Pas de concentrations de thons observées.

Tableau 13 - DCP destinés à la pêche industrielle.

Comores

1985-1988	PTR I-COI/FED : pose de 1 à 2 DCP profonds pour le senneur du projet.
-----------	---

Madagascar

1985-1988	PTR I-COI/FED : DCP ancré dans le canal de Mozambique pour le senneur du Projet et les deux canneurs de l'ONUDI dans un deuxième temps.
-----------	---

Seychelles

1983-1988	Financement FED : pose de DCP profonds en face de Bird et Denis Islands. Essai de pêche semi-industrielle à la traîne, non rentable.
1984	Essai par les armements français de largage par avion de DCP dérivants avec bouée émettrice. Échec suite aux vols de ces DCP par d'autres armements.
1988-1990	PTR II : programme de DCP profonds pour le senneur seychellois <i>Spirit of Coxé</i> . Ce dernier n'ayant jamais été opérationnel, une tentative d'y intéresser un des armements privés n'a pas pu être pérennisée.

An overview of the FADs fishery in the Mediterranean Sea

Beatriz Morales-Nin⁽¹⁾, Leonardo Cannizzaro⁽²⁾, Enric Massutí⁽³⁾,
Antonio Potoschi⁽⁴⁾, Franco Andaloro⁽⁵⁾

(1) CSIC-UIB, Institut Mediterrani d'Estudis Avançats, Campus Universitari,
07071 Palma de Majorca, Spain - ieabmn@ps.uib.es

(2) IRMA-CNR, Mazara del Vallo, Italy

(3) DG Pesca i Cultius Marins, Foners 10, 07006 Palma de Majorca, Spain

(4) DBAEM, Università di Messina, Italy

(5) ICRAM-STs, Palermo, Italy

Abstract

The Mediterranean small-scale fleet is highly adaptive, showing a dynamic fishing intensity and strategy, and exploiting seasonal abundant resources. In this area, the aggregatory behaviour under floats of juvenile fish has been used since ancient times to exploit oceanic migratory species such as dolphinfish (*Coryphaena hippurus*), using Fish Aggregating anchored Devices (FADs). A total of 2 300 boats are engaged in this fishery from August to December, the main fishing areas being those around Malta, Tunisia, Sicily and Majorca.

The FADs (~1m²) are made of different cheap floating materials, and are moored in fixed places, ranging from shore waters to areas 60 miles off the coast (1 500 m depth). Each boat deploys an average of 20 to 100 FADs. The gears used are special surrounding nets without purse line, and traditional purse seine nets.

The fishery exploits young-of-the-year dolphinfish (<6 months old), originated by a pre-spawning migration of adults from Atlantic waters. Their catches show high annual and monthly variability, depending on the recruitment and the accessibility of recruits to the fishery. Pilotfish (*Naukrates ductor*) and greater amberjack (*Seriola dumerili*) are also exploited in this fishery as by-catch.

A total of about 1 000 metric tons of dolphinfish are yearly caught mainly in September-October. The FADs are historically laid in August. Recently, the FADs fishing period has increased in Sicily, and the FADs are laid in July, so as to catch pilotfish and greater amberjack juveniles. In recent years, the interest for this fishing method and the study of these fisheries has increased in the Mediterranean. Though the market and its seasonality limit this exploitation, this fishery is economically profitable with good revenue.

Introduction

Mediterranean small-scale fishing is a variable activity with fishing intensities and strategies showing very rapid fluctuations in space and time and highly multispecific catches. The seasonal activity of the fleets is related to the ecology of the different species, to meteorological conditions, tourism season, etc. In order to quantitatively assess the Mediterranean small-scale fisheries, one of the main problems is to evaluate in space and time the elementary fishing efforts and yields of every component, and their corresponding variations. These elements are essential for the evaluations of fishing effort and global production, which are of paramount interest for the studies of the fisheries and exploited resources dynamics (Farrugio & Le Corre, 1993).

Dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) is exploited using FADs (Fishing Aggregating Devices) in two main Mediterranean areas, Western Mediterranean (Majorca Island) and Central Mediterranean (Sicily, Malta Island and Tunisia). This activity is practised in the same period and by similar procedures and equipment (Galea, 1961; Lozano-Cabo, 1961; Lleonart *et al.*, 1999; Massutí *et al.*, 1999). There is no documented information for other Mediterranean areas. These dolphinfish fisheries have been developed since ancient times, as shown by a mural painting from Thera dated from Minoic times. The activity in Majorca is documented from the 14th century (Massutí & Morales-Nin, 1997) and from Malta from the 18th century (Farrugia-Randon, 1995).

At the end of summer and during the autumn (August-December), dolphinfish are caught by a large number of vessels using surrounding nets to capture fish under the FADs typical of the Mediterranean (Bono *et al.*, 1998; Missaoui & Chakroun, 1997; Pla & Pujolar, 1999). The FADs are used to increase the availability of this migratory oceanic fish resource through the creation of productive target fishing locations. The main by-catch are pilotfish (*Naucrates ductor*) and amberjack (*Seriola dumerili*).

The captured dolphinfish are juveniles (less than 6-month old) (Massutí *et al.*, 1999; Morales-Nin *et al.*, 1997) resulting of a local spawning in spring-summer (Massutí & Morales-Nin, 1995). The spawners are originating from Atlantic waters (Pauly, 1987) and emigrate in the Mediterranean when the water temperature is over 16°C (Massutí & Morales-Nin, 1991). The adult dolphinfish (age 1+) are also by-catch in albacore and swordfish fisheries (Lozano-Cabo, 1961; De Metrio *et al.*, 1997).

In this review paper, we describe in detail the available data on the FADs fisheries by area and summarise the exploitation data in the Mediterranean. The data presented for Sicily and Majorca have been collected in the frameworks of "Biology and fishery of dolphinfish in the Western Mediterranean and Canary Islands area" and "Dolphinfish biological and fishing data in the Western Mediterranean", funded by Directorate General XIV of the European Commission (94/031 and 95/73, respectively). The data from other Mediterranean areas have been presented during a symposium held as a part of the above mentioned projects.

Fleet and fishing operations

Majorca Island

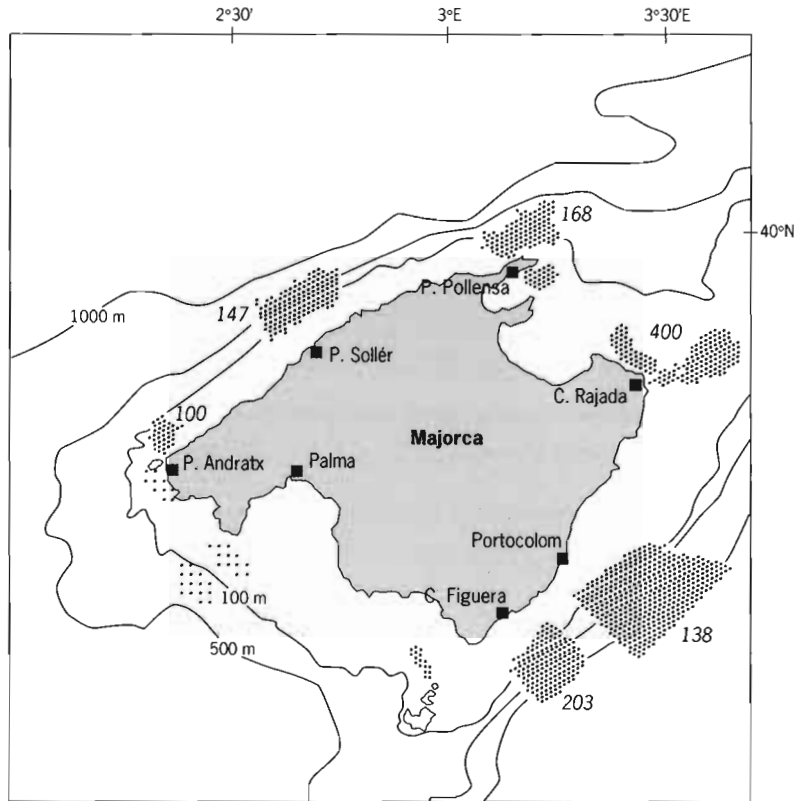
In Majorca, around 45% of the small-scale fleet are engaged in three main seasonal fisheries directed to *Aphia minuta* from December to March, *Palinurus elephas* from March to August, and *Coryphaena hippurus* from August to December. Other small-scale fisheries developed at the Island are targeted on cuttlefish (*Sepia officinalis*), common seabream (*Pagrus pagrus*), common dentex (*Dentex dentex*), great amberjack (*Seriola dumerili*) and squid (*Loligo vulgaris*), using a combination of different gears (Galea, 1961).

The fishing ports, FAD mooring areas and FAD number by area in Majorca Island are shown in figure 1. A total of 46 boats took part in this fishery in the 1995 fishing season and 37 in 1996. On average, the boats are small, with 8.3 m mean length, 5.6 GRT displacement and 64.0 HP of engine power. Except in Port de Sollér, all the boats are equipped with one or two hydraulic net winches. The fishing master (generally the owner) and one or two fishermen are aboard these boats, except in Port de Sollér where the crew is more numerous (4 or 5 men). The number of boats per port is around eight, except in Palma (3) and Port d'Andratx (4). The available data for ten years show a more or less constant boat number with a mean of 50 boats per year directed to this fishery.

Each year the individual mooring places (fig. 1) inside each mooring area are distributed by port among the boats registered for the year's fishery. Each boat deploys on average 30 to 40 FADs at its mooring location, except Port de Sollér with 20 to 28 FADs per boat. This port is exceptional because after fishing in the mooring areas, they spend most of the time looking for drifting floating objects and fish around them. The mooring areas of each port are located at depths over 70 m and may reach a maximum of 1,200 metres. All harbours have one mooring area per boat (fig. 1), except Port de Pollensa and Cala Rajada where there are two. The mooring areas of Port d'Andratx, east of Dragonera Island, and of Palma on Palma bay, are not used due to conflicts with the longline fishery for swordfish (*Xiphias gladius*) (areas with lighter shadowing, fig. 1). In Majorca each boat visits daily at sunrise its FADs, weather permitting. Once the presence of fish is detected under the FADs, using a trolling line or visually, a quick haul is carried out with the net close to the FAD on the boat board side. If the weather is calm and if there is no current, the haul is done around the FAD. If the catch is insufficient, the fishermen search for floating debris to increase it.

The fishing areas may be visited again at sundown depending on the daily catch and dolphinfish abundance. The success of the first fishing operations of the day determines the number of FADs which are visited. The fishermen may choose only a part of the mooring area for fishing, depending on wind and current conditions, or on their estimate of the place with best chance of a catch.

Figure 1
Traditional mooring areas,
number of FADs by area and
fishing ports on Majorca
Island. Lighter shadowing:
areas not used (from
Leonart *et al.*, 1999).



The gear for dolphinfish is a special surrounding purse net without a purse line, called “llampuguera”. The average net size is 180 m length and 16 m depth (Massutí & Vidal, 1997).

Sicily Island

The boats of West Sicily (57) have an average overall length of 9.85 m and a gross tonnage of 5.76 tons, while those of East Sicily (168) have an average of 11.41 m and an average gross tonnage of 10.42 tons. The low average size of the boats of West Sicily is due to some small boats which fish near the coast. The fleet of East Sicily is represented by larger boats which only perform this type of fishing for a limited period of the year. In other periods, they engage in fishing activities in which the length, tonnage and engine power have considerable importance, such as longline and drifting-net fishing for swordfish, and purse seining for small pelagics. In West Sicily, the smaller fishing boats are engaged in fishing dolphinfish from September to December. During the other months, they fish using “tremel-net”, bottom longlines or gillnets and drift-gillnets for small and medium-sized pelagics.

Figure 2 shows the geographical arrangement of the FADs per port; the lines have been drawn on the basis of knowledge of the co-ordinates

of the two outer FADs, the total number of FADs and the average distance between the FADs. Each line represents the fishing area by single fisherman.

Depending on the area, the FAD deployment varies. Thus, in the Castellamare Gulf, the boats lay approximately 110 FADs in a corridor of sea extending between 0.5 km and 11 km from the coast. The FADs are spaced 300 m apart and are examined periodically, weather permitting. In Capo San Vito-Capo Feto each boat lays about 50 FADs. The area where the FADs from San Vito Lo Capo fleet are deployed extends through an arc of 180° and a radius of about 25 km with Capo San Vito in the centre. The FADs are laid within this area depending on the depth, as the fishermen do not lay them over 500 m depth. In West Sicily about 50 FADs are moored in August. The FADs used in the Pelagic Islands are very similar to the Maltese ones. These FADs are moored in a strip stretching from the coast for 40 km, following specific routes. Each boat drops between 10 and 50 FADs spaced about 300 m from one to another. Fishermen usually go out at dawn and return at dusk, after having examined all the FADs.

In the Tyrrhenian Sea, the fleet uses anchored FADs except in Termini Imerese and Porticello where the boats use drifting FADs. In the case of these latter fleets, the area fished is much larger than the area occupied by anchored FADs. In the zone between Capo Milazzo and Capo di Orlando, the area where the FADs are distributed is bounded in the north by the Aeolian Islands, which also represent the limit of FADs

Figure 2
Mooring areas by ports in Sicily. The lines indicate the position of the groups of FADs (from Potoschi et al., 1999).



positions for the Tyrrhenian area (fig. 2). In this area, the total number of FADs used by each boat ranges between 40 and 80, and the mooring anchorage depth does not exceed 600 metres. In the Ionian coast of Sicily, the sea is deeper, thus positioning FADs is more difficult due to the amount of wire needed to secure them to the sea bottom and to the weight of the ballast required. There are 60 to 100 FADs per boat, and the distance between them is approximately 800 m, the anchorage depth may overpass 1,500 m (Pla & Pujolar, 1999). The total number of FADs has strongly increased in the recent years (6,000 in 1990, 13,000 in 1998, 19,000 in 1999). This increase is due to the irregular drift net catches and the biological closure of some pelagic fish fisheries.

The typical net used in Sicily, known as "lampugara" or "caponara", has a length of 180 m, a height of 45 m, one float every 0.14 m and 900 weights weighing 90 kg in all. Though not corresponding exactly with the dimensions of the vessels, the dimensions of the nets increase generally with their gross tonnage.

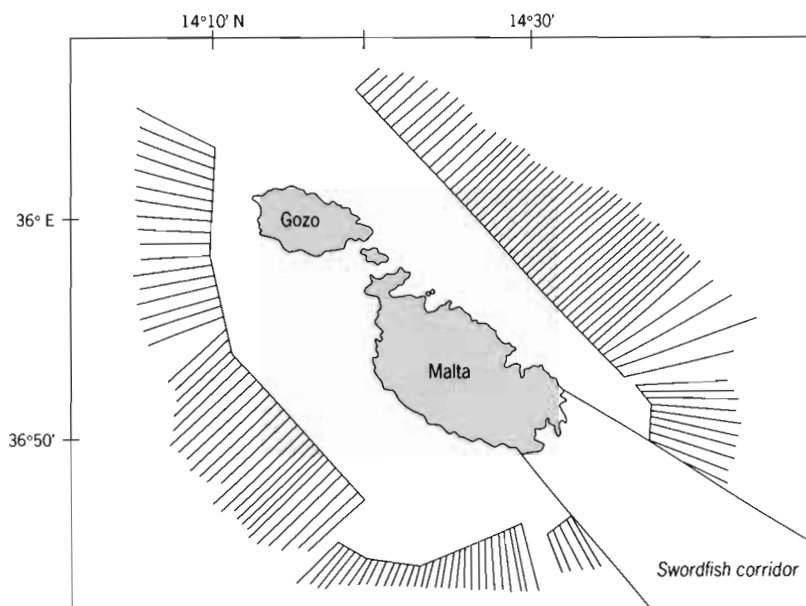
Malta Island

The dolphinfish is one of the more important species for the economy of the Maltese fishing industry. In fact, until the recent years, it was the most important fishery due to its traditional interest on the local market and the abundance of catches which regularly occur each year (Bussuttil, pers. comm.). Most of the Maltese fleet operate in coastal and small-scale fisheries and very few operate in larger scale or in open seas (Galea, 1961). In 1998, the total number of fishing licensed vessels were 1 792 (1 475 in Malta and 317 in Gozo). Beyond these only 47 overpass 15 m in length. The larger industrial vessels are mainly trawlers, longliners and netters. All the other smaller vessels are considered as multipurpose and undertake different types of seasonal fishing activities, including dolphinfishing. The total number of boats and fishermen currently involved in this fishery are 111 boats and 550 fishermen (Potoschi & Sturiale, 1996).

During the month of May, all boat owners whose craft is longer than 6 m are invited to submit applications for the allocation of a fishing site. When all applications have been received, these are apportioned into different ports/districts. A licence for using a particular fishing site is then issued by the Department of Fisheries. The FADs are laid from 1st of August but the fishing season starts on the 16th of August and ends on the 31st of December. In 1998, 98 sites were allocated all around the island except for a corridor for swordfish and tuna longline fishery, as indicated on figure 3. The sites start from 7 miles offshore at intervals of a half or three quarters of a mile depending on the district (Potoschi & Sturiale, 1996). The largest number of fishing sites allotted was 140, but along the years, some fishermen started opting to target other commercial species and, as a consequence, the number of applications for "lampuki" fishing has dwindled to 86 in 1999 (Bussuttil, pers. comm.).

Each boat uses a minimum of 35 FADs (kannizzata) at visible distance from each other along routes called "rimja" (fig. 3) (Farrugia-Randon, 1995). Since mechanisation of the fleet, the number of FADs deployed by boat has increased notably from 20 to a mean of 35, although the larger boats may lay much more FADs (200 sometimes) along the fishing site (Bussuttil, pers. com.).

Figure 3
Mooring areas off Malta
(from Farrugia-Randon,
1995).

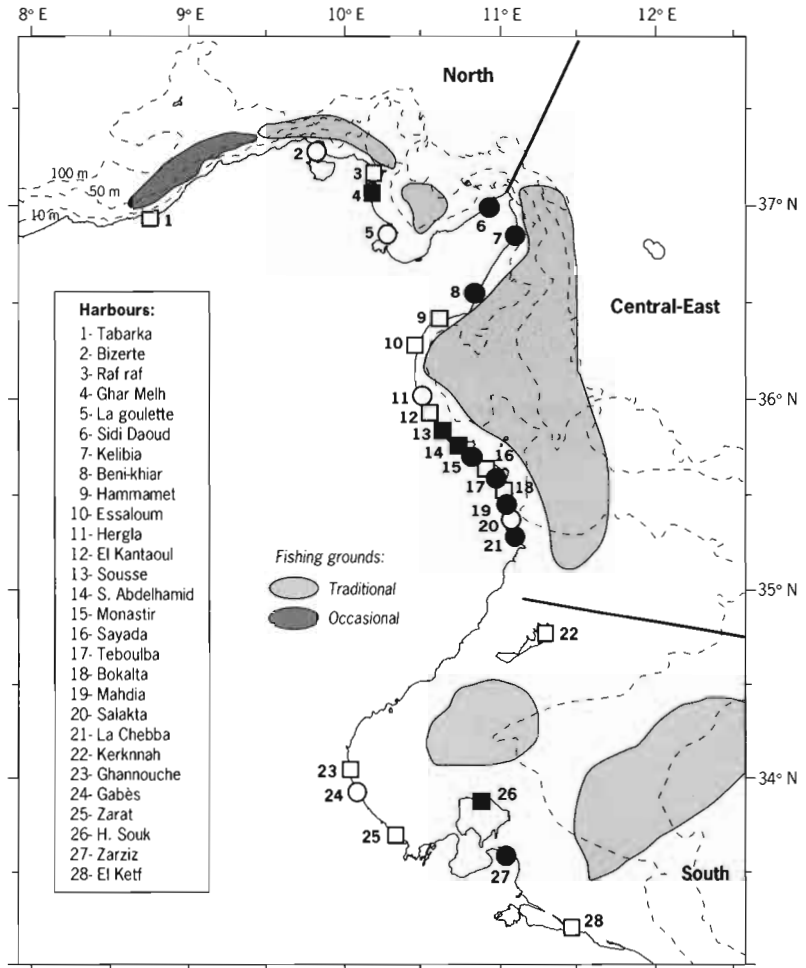


The dolphinfish are caught by surrounding nets similar to purse seines but without the purse rings (Galea, 1961). The size of the nets depends of the size of the operating boat, but the overall length appears generally to measure about 210 metres. When the boat is near a FAD, various trolls made out of feathers or artificial bait are set and when one fish is caught, a decoy dolphinfish is thrown into the sea to attract any others that may be present under the FAD. When the number of fish present makes it worthwhile, the surrounding operation is then undertaken. Other dolphinfish fishing methods include trolling (catching the fish with a moving lure) and surface longline (Farrugia-Randon, 1995).

Tunisia

Dolphinfish fishery is carried out along the whole Tunisian coast (fig. 4), and constitutes an important resource for the small-scale fleet. The main fishing areas are concentrated around Cape Bone (off the Beni-Khiar port), in the Sahel (around the Mahdia port), and in the most southern area (around the Zarziz port). Like in other areas of the Mediterranean (Galea, 1961; Massutí & Morales-Nin, 1991), this fishery is seasonal, extending from the second fortnight of August to early December (Vella, 1999).

Figure 4
Mooring areas, fishing ports and landings by port in Tunisia (from Zaouali & Missaoui, 1999).



A total of 260 fishing boats from 20 harbours are directed to this fishery (fig. 4). The major part (72%) is concentrated along the central-eastern coast (around 30 boats in each port), while the rest is distributed along the northern (10%, 20 boats per port) and the southern coast (18%, 30 boats per port). In this last area, there is a marked tendency for an increasing effort (Vella, 1999).

In average, the boats are 11 m length, and propelled by 45 HP motors. In some ports as Monastir, they are equipped with a winch to haul the net. Five fishermen are aboard.

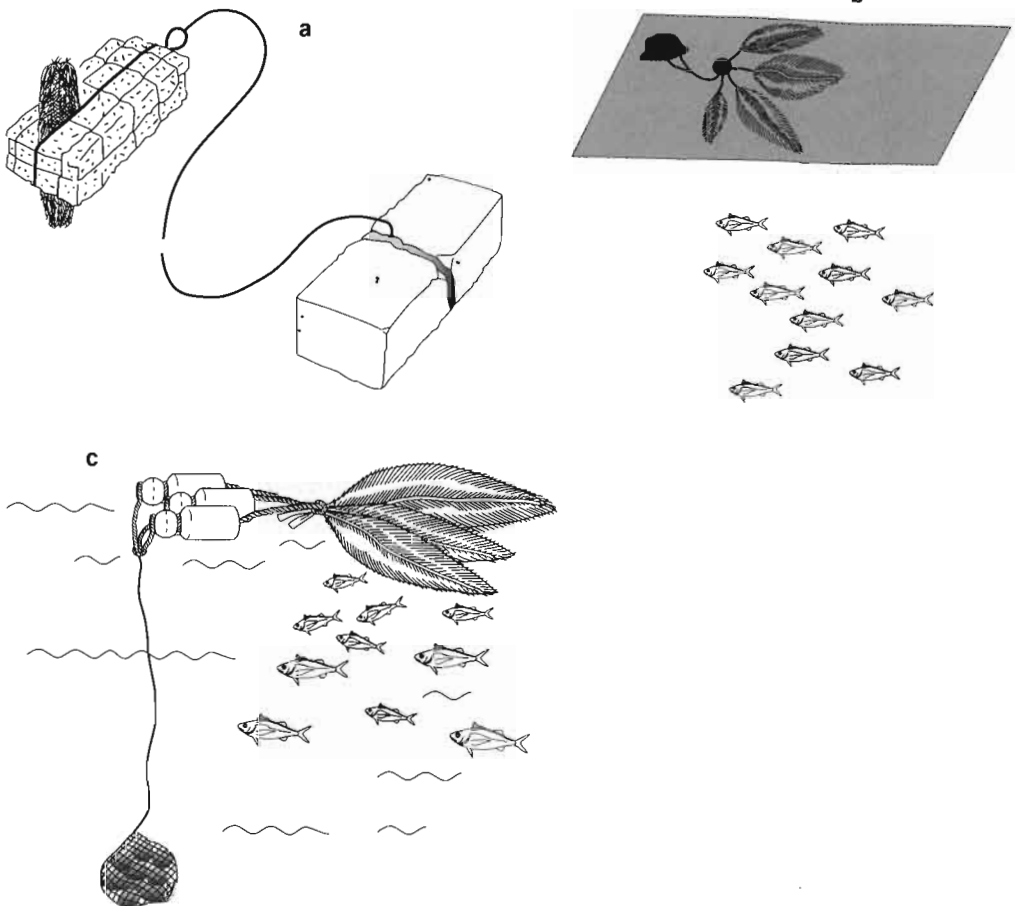
Each boat uses between 17 and 75 FADs during the whole fishing season. They are grouped in rows, with an interval of about 50-80 m between two FADs, the first one having a mark so as to recognize its owner from a certain distance. Each group has the name of the boat and an order number showing its place at sea (generally referred to GPS). The FADs are mainly anchored in areas from 30 to 60 m depth, although in some ports of the southern coast they can reach 180-m depth and around 60 miles off the coast (Vella, 1999).

The gear used is a surrounding net without purse line (called "lamboukara"), 200-300 m long and 15-35 m high made of high-density polyamide monofilament. Fishing operations are carried out at sunrise, and the dolphinfish schools detection is made by observing the birds flying around FADs, the movement of the water surface, or by trolling line (Vella, 1999).

FADs

The traditional FAD used in Malta (cima), Majorca (capcer) and Sicily (cannizzi) consists of a cork float with some palm fronds or bush branches tied on top for location and below to increase their surface. The composition and form of the FAD may vary from the traditional cork to a group of tyres, being the material selected for its characteristic of floating just below the surface and its cheap price. The entire FAD is moored to an anchor typically made of one or more large stones or anchor blocks. Drifting FADs are occasionally used (fig. 5).

Figure 5
FADs used in the Mediterranean.
a) Malta and Majorca;
b) Drifting FADs;
c) Tyrrhenian Sea
(from Massuti & Morales-Nin, 1991; Potoschi & Sturiale, 1996).



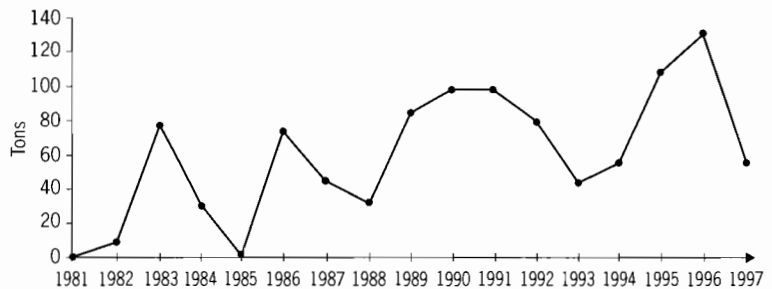
The most common Fish Aggregating Device (FAD) used in Tunisia is the “ghanatsi” or “jrid”. It has a trapezoidal or V-shaped wooden frame, about one metre long, 20 cm in the highest part and 60 cm in the widest one. Some palm leaves are disposed in the middle (Massutí *et al.*, 1999). In some cases, plastic sheets may replace these palms. Each unit has a rope with a ring attached to the ballast (a concrete block of 20-70 kg) in one end, and to some floaters (usually 5-litre empty plastic bottles) in the other. There is a simplified version, called “chefchaa”, used in Cape Bone, which is made only with three fan-like disposed palm leaves, with the spines covered by plastic in order to protect the net (Vella, 1999).

Catch data

Majorca Island

A historic data series for the annual landings from 1981 to 1996 inclusive, shows wide fluctuations, from two metric tons to more than 120 mt, with a mean of 63, a standard deviation of 35, and a slightly increasing trend (4 tons per year, $r^2 = 0.3$) (fig. 6). The 10-year historic monthly data series of catches from 1987 to 1996 fishing seasons shows the concentration of the main catches in September-October. The effort data for this period shows that the fleet has remained stable at around 50 boats.

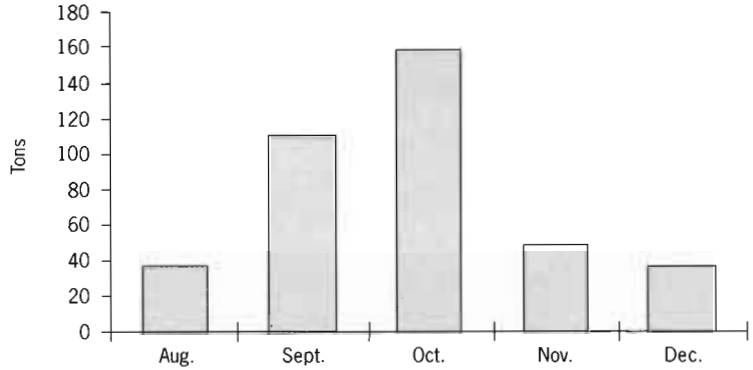
Figure 6
Landings in Majorca.
Annual time series from
1981 to 1997.



Sicily Island

The catch data of dolphinfish for 1996 is shown in figure 7. The values included show that out of a total of 377.4 tons caught in Sicily, the highest value correspond to October, where the 158 tons represent 41,86% of the total catches for the 1996 fishing season. In these catches, 22.29 tons are landed by boats of Termini Imerese and Porticello which fish by sighting the shoals which gather under the drifting floating devices. This represents 5.9% of the catches made with FADs.

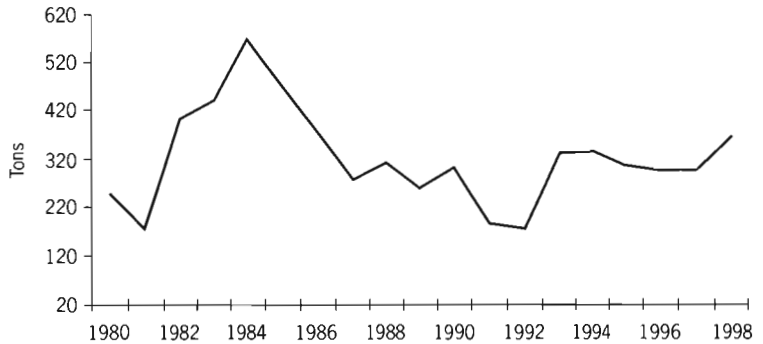
Figure 7
Monthly landings (in tons)
in Sicily for 1996.



Malta Island

The annual landings of dolphinfish since 1980 are illustrated in figure 8 (Potaschi & Sturiale, 1996). These statistics show a seasonal peak in dolphinfish landings between September and October and a longer fishing period than in other areas with catches on January (2%).

Figure 8
Annual time series of Malta
landings (in tons)
from 1980 to 1998
(data from Bussuttil,
pers. comm.).

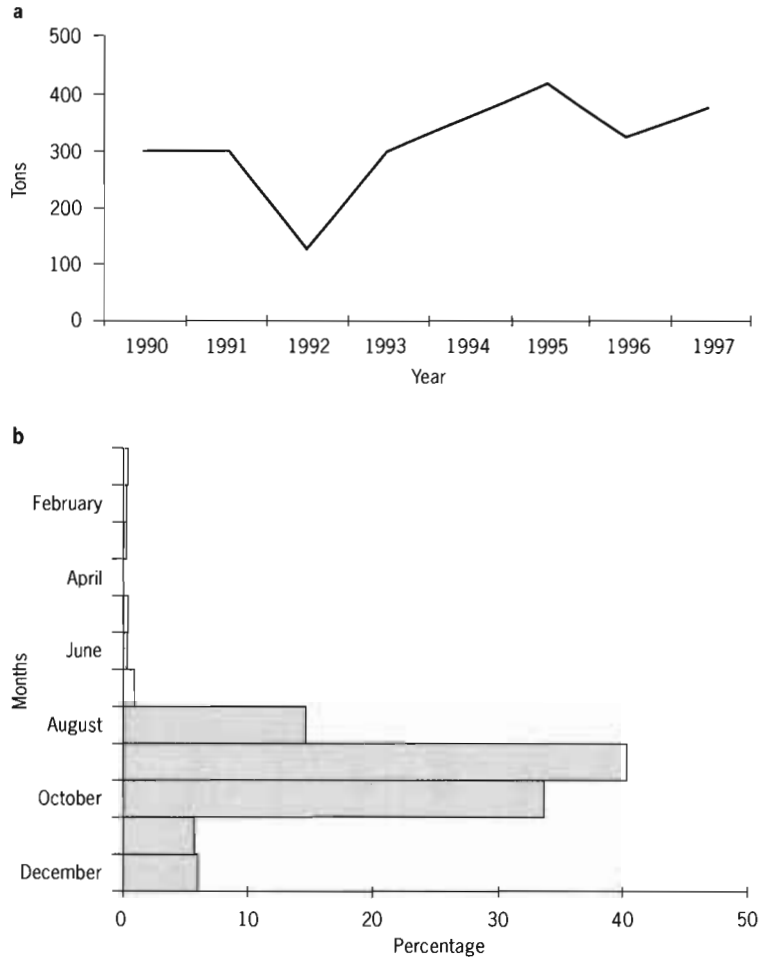


The fishing effort has decreased (169 fishing licenses and sites in 1985 to 96 in 1998) due to the dedication for more profitable fisheries such as swordfish and tuna, which have developed recently (Farrugia-Randon, 1995; Vella, 1999).

Tunisia

Year landings of dolphinfish in Tunisia have increased progressively during the two last decades, following the increase on fishing effort observed in the fishery (Massutí *et al.*, 1999). From 1990 to 1997, they ranged between 125 tons in 1992 and 417 tons in 1995 (fig. 9a), with an average yield around 300 tons. The monthly distribution of the catches (fig. 9b) shows the seasonality of the fishery (from August to December), with the bulk of landings (>70%) in September-October (Vella, 1999).

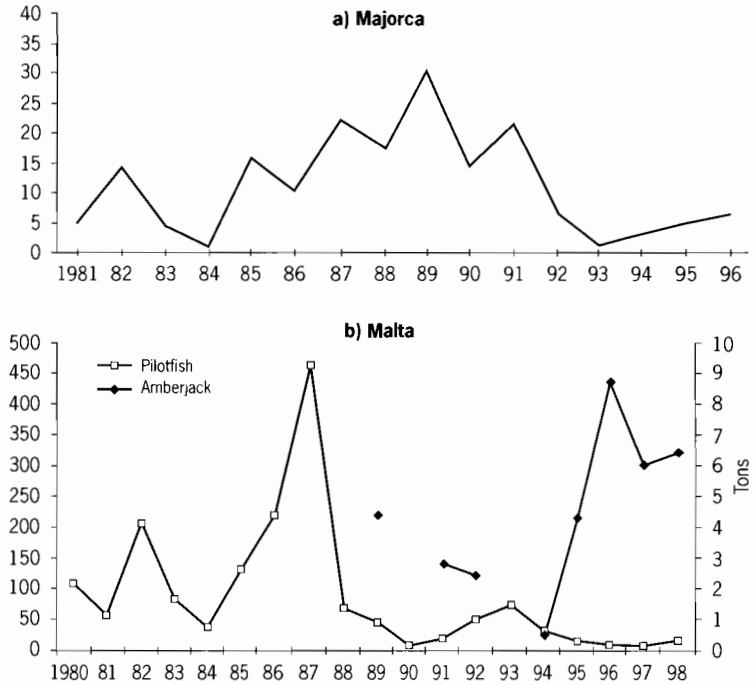
Figure 9
Landings in Tunisia.
a) annual time series
from 1990 to 1997.
b) mean monthly catch
(from Zaouali & Missaouri,
1999).



By-catches

Together with the dolphinfish, pilotfish and amberjack are also captured as by-catches, but in much smaller quantities. In Majorca, the amberjack registered landings on the Central Wharf are overestimated due to the fishermen practice of rearing the live juveniles and selling them later with better mean weights. The pilotfish landings in Majorca show great interannual variations with values ranging from 0.9 to 30.5 metric tons (fig.10a). The time series of the landings for Malta show the same variability for pilotfish and amberjack (fig.10b), which represented 3.6% and 1.6%, respectively, of 1998 landings of dolphinfish fishery (Bussuttil, pers. comm.).

Figure 10
By-catch of dolphinfish
fishery.
a) Majorca pilotfish landings;
b) Malta pilotfish
and amberjack landings
(Malta data from Bussuttil,
pers. comm.).



Length composition of the catch

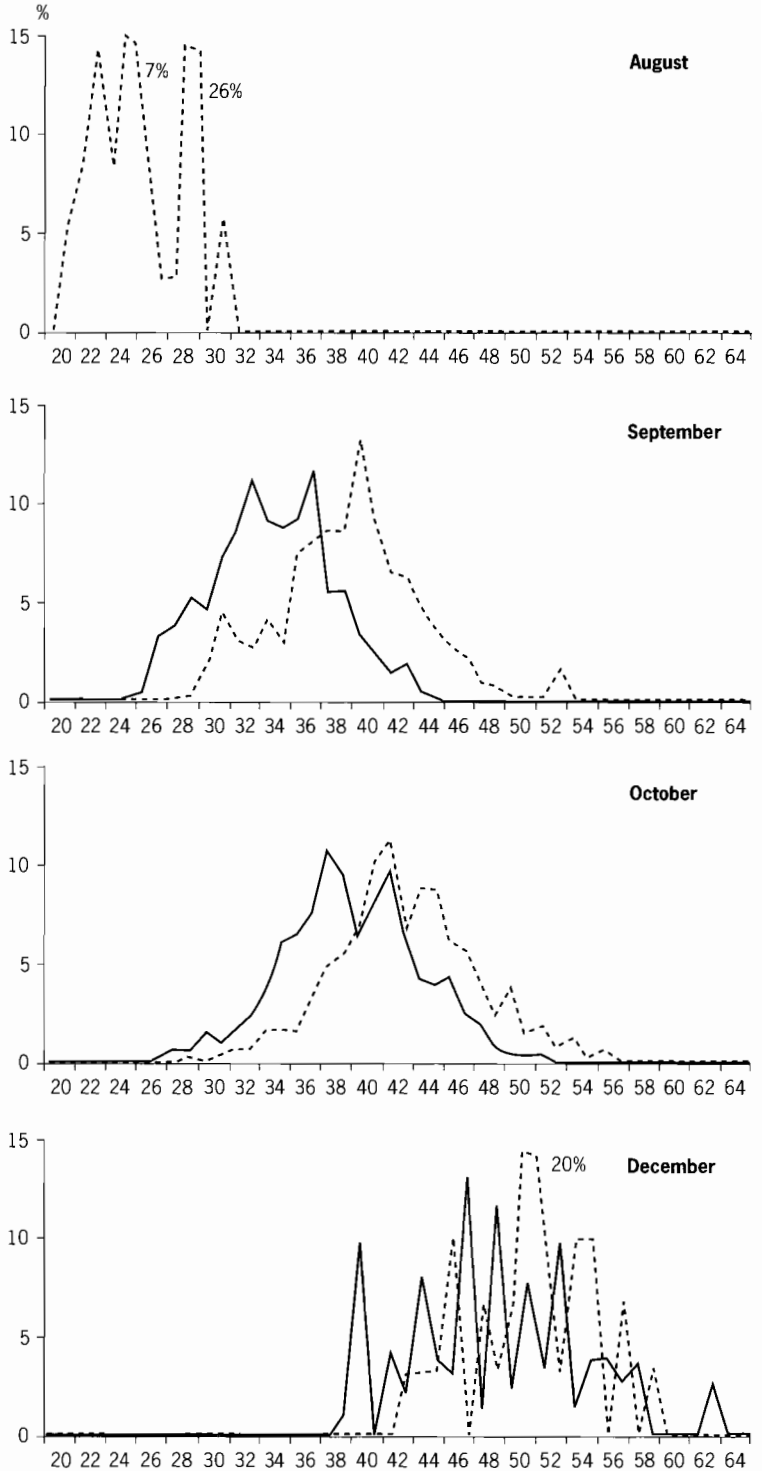
The length composition of the catches in Majorca Island range from 20 to 64 cm fork length in 1995 and from 23 to 64 cm in 1996. In both years, the mean monthly length increased through the five-month sampling period. The length composition showed 2-3 modes per month, including a mode of small fish at the end of October and November 1995 (fig 11). The length composition of the catch in Sicily was comprised between 20 and 60 cm fork length. The dolphinfish fast growth rate appears clearly in these length compositions when the modal length evolution by fortnight is considered.

Sicily fishery economic analysis

Methods

In the 1996 dolphinfish fishing season with FADs and purse seine all the boats dedicated to this activity in Sicily and in the Pelagic Archipelago were counted in a census. In 5 sample ports (Lampedusa, Linosa, Trapani, Sant'Agata di Militello and Siracusa) catches and the fishing effort were taken through interviews during landing, based on samples in time and space or based on a census. In addition, average prices per week paid to fishermen were taken through direct observation, as well as boat running costs by interviewing shipowners. In 4 of the 5 sample ports (Linosa, Lampedusa, Siracusa and Sant'Agata di Militello) the

Figure 11
 Evolution of the monthly length composition of the catch in Majorca for 1995. Continuous line: 1st fortnight; dotted line: 2nd fortnight.



surveys were carried out through a census in space and time; in practice, it is by interviewing all the fishermen every fishing day, except in Trapani where the surveys were carried out through sampling in space and time, that is most of the fishermen being interviewed three times a week (Mondays, Wednesdays and Fridays).

Costs have been gathered in four categories:

- **Running costs:** fuel, oil, ice, spare parts and repairs;
- **Cost of fishing gear** concerning the whole cost of the FADs;
- **Cost of capital** including depreciation and opportunity costs;
- **Labour cost** estimated according to the cost principle opportunity.

Repairs include both ordinary and special maintenance changes. The term "capital" means the value of the boat, inclusive of gear and facilities. The opportunity cost of capital has been calculated by assuming that the capital stock value of the fleet would be invested in treasury bonds only during the months dedicated to the dolphinfish fishing (1 September 1996-31 December 1996). This principle has been also used to estimate the labour cost on the basis of the following reasons: the Italian system adopted by the fisheries to pay crew members is said to be "on a lay". With this system, the net revenue (gross revenue less some running expenses) represents the whole revenue which is divided fifty-fifty between the shipowner and crew members. It's clear that this system has some difficulties in checking salaries. So we have assumed that fishermen could be alternatively employed in the agriculture sector and we have estimated the daily salary for a fisherman with the daily salary of a farm-hand. On the basis of that principle, we believe that an average monthly salary is underestimated in comparison to the one actually received through the system of being "on a lay". The revenues have been estimated by multiplying weekly catches and prices. The economic rent has been estimated by the difference between revenues and costs. Prices, costs, revenues and economic rents have been estimated in Ecus (1 Ecu \cong US\$ 1.1).

Cost analysis

In the Pelagic Islands of Linosa and Lampedusa, the prices of dolphinfish are generally lower than in the most important ports of Sicily, for two reasons: lack of an internal market and transport costs. They are fixed through negotiations between fishermen and wholesalers. Linosa and Lampedusa fishermen sell the majority of the catch to a local warehouse with whom they have a privileged relation, which in turn carry the fish by ferry to Sicily, where it is distributed by Porto Empedocle, Catania and Palermo wholesalers. A small quantity of catch is usually sold locally. In 1996 in Lampedusa, wholesale prices were steady during the fishing season, because fishermen fixed them at the beginning of the season, in agreement with the wholesalers. In Linosa, the wholesale price was 2.1 Ecus until 10 September and 1.5 Ecu for the remaining part of the season. By the middle of November, it is no longer convenient for dealers to pay dolphinfish at 2.1 Ecus per

kilogramme, as at the beginning of the season. Therefore, the fishermen from Lampedusa were forced to stop fishing. In 1996, the average wholesale price for dolphinfish varied in the most important ports of Sicily, from a minimum of 3.0 Ecus to a maximum of 6.2 Ecus in Siracusa. In Siracusa and in Sant'Agata the wholesale prices are higher than in the other analysed ports, because in Eastern Sicily the dolphinfish demand is much higher. In Siracusa, the average wholesale price was about 5.2 Ecus with a maximum of 6.25 Ecus and with the minimum being 4.15 Ecus. In Sant'Agata and Trapani, the average wholesale prices were respectively of about 4.18 Ecus and 3.55 Ecus.

The highest prices were at the beginning of the fishing season because of a strong demand, subsequently there was a decrease. Generally the interaction between demand and offer gives rise to small price fluctuations.

- From the analysis of the total costs registered by the fleets dedicated to the dolphinfish fishing it is deduced that labour costs have a greater impact than any other costs do. On average, it affects the total costs by 33 per cent. The minimum impact is recorded in Trapani, whose fleet is composed of small boats which require 2 or 3 fishermen at most, whereas the greatest impact (34%) is recorded in Linosa, Sant'Agata and Siracusa; nevertheless, in Linosa the large impact of labour cost is not connected to the structure of the fleet, which is also characterized by small size boats, but rather to the small impact of other costs.

- Running costs (Siracusa, Lampedusa, and Trapani) or the cost of the fishing gear (Sant'Agata, Linosa), after labour costs, have a less impact with fewer percentage points. As far as running costs are concerned, fuel consumption cost is the common feature for all the fleets under consideration, being the highest share. It affects running costs at a level of 72% on average, varying from a minimum of 60% in Linosa and a maximum of 81% in Siracusa, depending on the amount of hours spent at sea and of the structural features of the fleet.

In Linosa and Lampedusa, running costs have been noticed lower than in the other ports because of the small size of the boats, the closeness of fishing areas and the higher repair costs.

Maintenance charges have little impact on running costs. They vary between a minimum of 14% in Siracusa and a maximum of 36% in Linosa.

- The cost of FADs has an average impact of 23% on the total cost. It is not a fixed cost being a disposable tool, which means that it is completely exploited for only one fishing season. The total cost depends on the number of boats and on the number of "kannizzi" at sea, referring to the entire fleet dedicated to dolphinfish fishing. In 1996, each boat lowered an average of 48 FADs with an average cost of 36.3 Ecus per "kannizzi". Sant'Agata fleet has moored the greatest number of FADs, about 65 per boat on average.

- The capital cost, whose average impact is 20% of the total costs, has been subdivided into depreciation and opportunity costs. Since all the boats employed in the dolphinfish fishing are older than 10 years, they

are completely depreciated and so the depreciation is referred to gear purchased during previous years. The average net rate of the Treasury Bonds in the period 1 September 1996-31 December 1996 was 5.86% and the opportunity cost of the capital has been calculated by assuming that the capital stock value of the fleet would be invested in State Bonds (Treasury Bonds) in the previously period and rate. The opportunity cost varies from a minimum of 1.214 Ecu in Lampedusa (where only 2 boats practise dolphinfish fishing) to a maximum of 15,668 Ecus in Siracusa. If we compare the value of the opportunity cost with the value of the yield, it is clear that investing in fishing dolphinfish is more profitable than investing in State Bonds. For example, in Sant'Agata the yield is equal to 94,973 Ecus, instead the opportunity cost is equal to 11,224 Ecus.

Analysis per port

In 1996, in the islands of Linosa and Lampedusa, the good results obtained in the previous season convinced the owners of the boats practising dolphinfish fishing to purchase new gear and to moore a greater number of "kannizzi". Two new boats were induced to practise this kind of fishing, attracted by the prospect of gaining high incomes. However, the gross incomes gained in that season were not as expected. As a matter of fact, in Lampedusa the total income was 9,797 Ecus, whereas the highest income was reported in Linosa with 56,458 Ecus. In both islands, since the price was, more or less, constant (only in Linosa there was a fluctuation from 2.07 Ecus to 1.55 Ecu from the first to the second half of October) the state of the incomes was in relation with the catches. In Linosa, the highest incomes were gained in the second half of November and were equal to 12,227 Ecus, whereas in Lampedusa they were only of 3,237 Ecus (equal to 26%).

In Trapani, Sant'Agata and Siracusa the total incomes were higher: 69,970, 222,382 and 463,196 Ecus, respectively. In those ports, the price was not constant, although the interacting of demand and offer caused some small price fluctuations, so that the state of the incomes was mostly influenced by the trend of the catches. From the analysis of the incomes in time, it appears that in three ports (Linosa, Sant'Agata and Trapani), the highest income was gained in October, as a result of the greater quantity of fish caught in comparison to the other months. The yield is equal to the difference between the total income and the total costs. Among the five ports under consideration (tab. 1), it turns out that the yield, as percentage of the total income, varies from a minimum of 10% in Lampedusa to a maximum of 46% in Linosa. In 1996, in Lampedusa the fishing of dolphinfish was not very profitable as a result of the fall of catches in comparison to the previous season. In the other ports, this activity shows a good yield, although it is to be considered inclusive of tax. The good results obtained in Linosa are owed to both catches (they represent 33% more of those ones obtained by an equal number of boats in Trapani) and mostly the impact of the

total costs on total incomes, which show the lowest value (54%) in comparison to those observed among the other ports. Whereas in Linosa and Lampedusa the fishing of dolphinfish is a relatively new business, it is instead an ancient tradition among the other ports under consideration. In particular, in Sant'Agata and Siracusa, such activity has significant importance from an economic point of view. As a matter of fact, prices are usually higher there and the boats employed in the fishing of the dolphinfish are more numerous and longer. Only in those two ports the total catches are about 70 per cent. However, in Siracusa, even though catches were abundant, the high impact of the total costs on the total income (70 per cent) owed to the fleet structure, eroded the yield that was equal to 30 per cent. In Sant'Agata and Trapani, the yield was 43% and 39%, respectively.

Table 1 - Economic aspects on some Sicilian dolphinfish ports. a) Total costs. b) Running costs. c) Economic rent (from Cannizzaro *et al.* 1999).

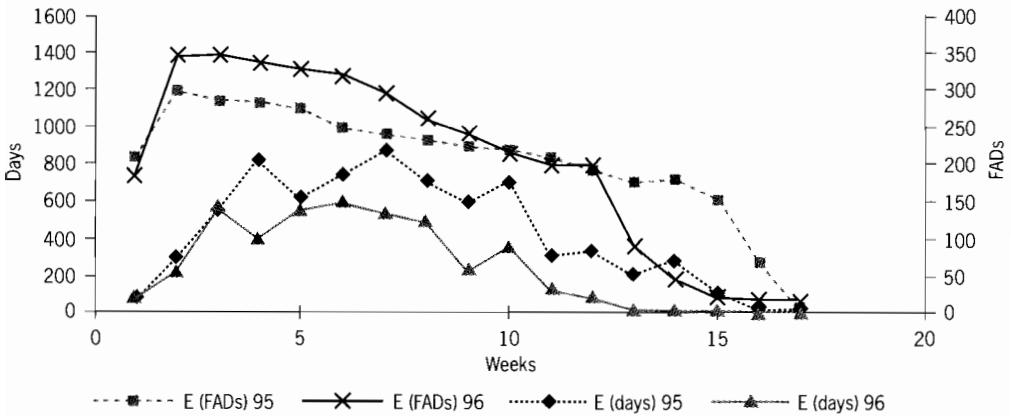
a	Lampedusa	Linosa	Trapani	Sant'Agata	Siracusa
Running costs	27%	14 %	27 %	20 %	31 %
Cost of fishing gear	18%	29 %	23 %	31 %	18 %
Labour costs	32%	34 %	30 %	34 %	34 %
Cost of Capital	23%	23 %	20 %	15 %	17 %
Total costs	100%	100 %	100 %	100 %	100 %
b	Lampedusa	Linosa	Trapani	Sant'Agata	Siracusa
Fuel costs	69%	60 %	75 %	75 %	81 %
Oil costs	4%	4 %	5 %	5 %	5 %
Repairs	27%	36 %	20 %	20 %	14 %
Running costs	100%	100 %	100 %	100 %	100 %
c	Lampedusa	Linosa	Trapani	Sant'Agata	Siracusa
Running costs	25%	7 %	17 %	12 %	22 %
Cost of fishing gear	16%	15 %	14 %	18 %	13 %
Labour costs	28%	18 %	18 %	19 %	23 %
Cost of Capital	21%	13 %	12 %	8 %	12 %
Total costs	90%	54 %	61 %	57 %	70 %
Economic Rent	10%	46 %	39 %	43 %	30 %
Gross Revenue	100%	100 %	100 %	100 %	100 %

We can finally say that, except Lampedusa in which the fishing season has not given interesting results (Cannizzaro *et al.*, 1996, 1997, 1999), dolphinfish can be considered in Sicily as a species which gives good profits, assuring one of the highest economic rent rate (from 30% to 46%) in the fishery market from September to December. At the moment, dolphinfish is only freshly-marketed, within the EC countries, in Sicily and in the Balearic Islands (Morales-Nin *et al.*, 1995; Missaoui & Chakroun, 1997). Probably a price rise caused by an increase in demand, which it might happen if the dolphinfish market would be expanded both freshly and preserved in the other European countries, could persuade other fishermen to catch dolphinfish instead of other overexploited species, as for example swordfish between August and December (Cannizzaro *et al.*, 1996, 1997, 1999).

Population evaluation in Majorca

Measuring dolphinfish fishery effort is not easy, due to the aggregatory behaviour of the species and the nature of the fishing operations. The number of FADs, hours fishing and fishing days in 1995 and 1996 have been collected by means of log books distributed to the fishermen (Morales-Nin *et al.*, 1995; Missaoui & Chakroun, 1997). After some previous analysis, the mean number of FADs and fishing days per week have been used as a measure of the effort. The evolution along the fishing season shows a sharp increase at the beginning of the season and a slow decrease at its end (fig. 12). In 1996, due to the bad weather, the effort was lower because of the impracticability of the fishing method in rough sea conditions and to the loss of FADs.

Figure 12
Effort along the fishing season on Majorca for 1995 and 1996 measured in fishing days and FADs number (from Leonart *et al.*, 1999).

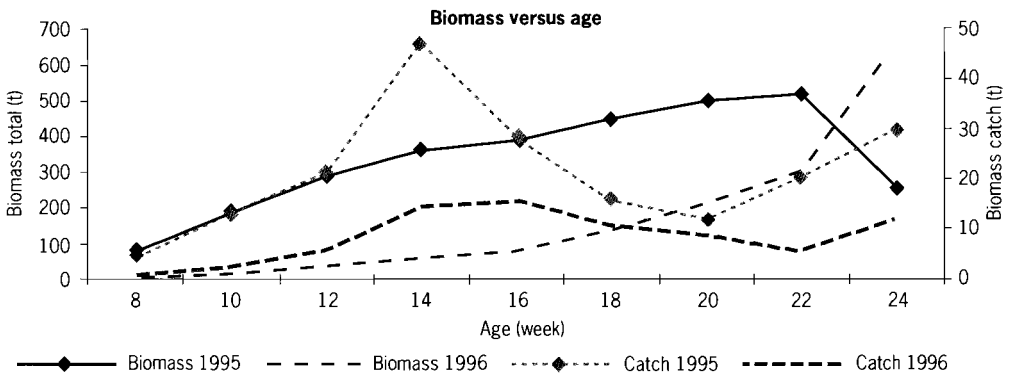
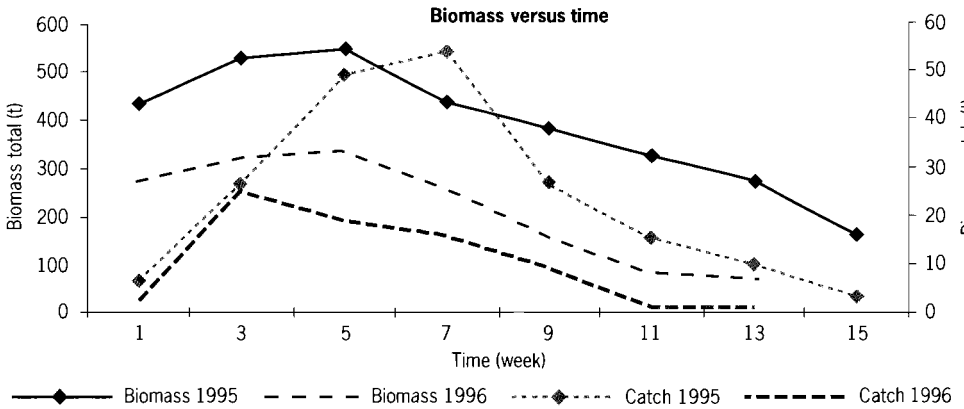
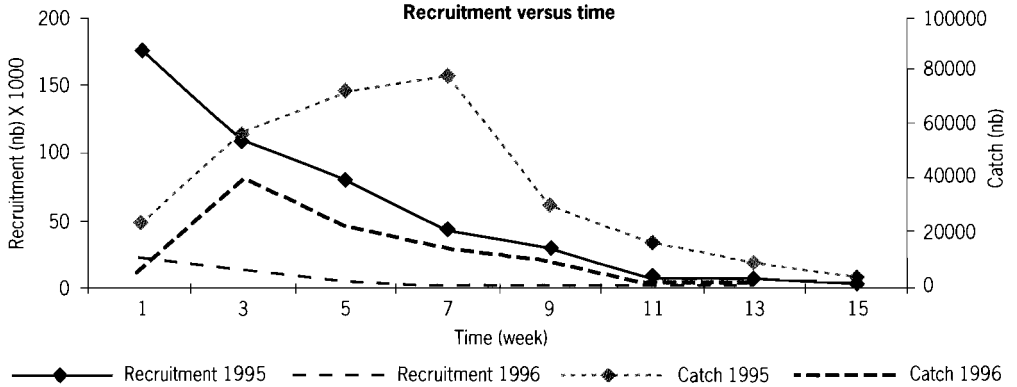


A VPA analysis with the week as the time unit was carried out by Leonart *et al.* (1999) based on weekly catch data for 1995 and 1996 and dolphinfish biological parameters. The time series of landings and effort and the results of the 1995-1996 study, showed marked fluctuations in catch and abundance. Since fishing exploits juvenile age-0 fish, it is reasonable to expect the combined effects of recruitment variability, and accessibility of recruits to the fishing grounds/fishing gear, to give rise to significant differences.

The reported steady increase of dolphinfish catches in other areas (Caddy, 1990) is also found in Majorca. Although the trend is obscured by the strong periodic fluctuations observed. The trend should be independent of an increase in effort, because the number of boats has remained constant since 1984 and the gear and fishing operations are traditionally the same. The fluctuations might be due both to failures of the annual spawning of the species in Mediterranean waters, and/or to the recruitment of the species and also to the fishery (fig. 13). In the Mediterranean, and other subtropical fish populations, where the first-year classes are intensively exploited and where annual catch fluctuations are observed, the ulti-

Figure 13
VPA analysis on the
dolphinfish population
of Majorca for 1995
and 1996 (from Leonart
et al., 1999).

mate explanation must be sought in the underlying environmental factors. They control the “recruitment windows” and are more relevant than the existence of large or small spawning peaks (Morales-Nin *et al.*, 1999).



In order to evaluate the fishery impact upon the dolphinfish population mortality, several issues should be considered. Some of them depend upon the fishery itself, such as the small boat size, the characteristics of the net and fishing operations, and the distance of the fishing areas from coast. All made the fishery very sensitive to bad weather. In 1996, the amount of fishing days decreased sharply due to very bad sea conditions on November-December (Iglesias *et al.*, 1995; Morales-Nin *et al.*, 1995). The dolphinfish biology and distribution are also very relevant. For instance, the decrease of captures due to bad weather in 1996 should also depend upon the fish distribution in relation to land. Probably during bad weather the fish remain further offshore.

Other important biological characteristics are: 1) the exploited fraction of the population is composed of 0-age class fish originated in the area with very fast growth rates; 2) dolphinfish is very mobile and may enter and leave the fishing area many times during the fishing season; 3) it is a migratory fish which will depart when the water temperature decreases and when it reaches an adequate size for migration. These characteristics have importance for the real value of M , but are difficult to quantify.

More precise evaluation models should consider the size of the population not attracted by the FADs, the rate of arrival of fish to the FADs and the time of residence. However, in the management of the fishery, the socio-economic aspects and the market have to be considered as management options.

Conclusion

In the Mediterranean, the dolphinfish catches have increased in recent years (Caddy, 1990). This fishery is a traditional activity with at least 100-year duration in Majorca although this fish is mentioned since the 14th century (Massutí & Morales-Nin, 1997). In this island effort, as number of boats, has remained constant in the last 15 years. The relative importance of this fishery during the 5-month fishing period, ranges from 6.2% of the fleet engaged in Malta to 45% in Majorca. However, in Sicilian Seas, dolphinfish has been fished for many years, but the fishing areas were limited and the fleet engaged in this activity was small. In recent years, there has been an increase of the number of boats with a consequent expansion in the areas for positioning the FADs which from the southern Ionian Sea has extended to the northern part, the southern Tyrrhenian Sea and West Sicily. This increase is also notable in Tunisian waters, while in Malta the effort directed to this fishery has decreased from 169 boats in 1985 to 96 in 1997. From the total of 1,206 metric tons captured in 1996, 35% correspond to Tunisia, 31% to Sicily, 24% to Malta and 11% to Majorca. These landings correspond to the effort directed to the fishery, in number of boats as well as in number of FADs deployed (tab. 2).

Table 2 - Summary of the available data on boats and gears used in the dolphinfish Mediterranean fisheries.

Area	Nb of boats	Crew	Mean length	GRT	HP	Total nb FADs	Nb FADs/boat	Depth (m)	Net size (m)
Majorca	36	2 (4)	8.3	5.6	64	1156	30-40	70-1200	180x16
Sicily	225	2-4	11.01	10.12	122	21920	10-110	<800	180-216x45-72
Malta	111	5-8	>6<15	-	-	15000	>35	-	175x10
Tunisia	260	5	11	-	45	27300	17-75	30-180	200-300x15-35

The catch systems used have not undergone substantial technological changes compared to the equipment of the past. Over recent years, the conviction has prevailed among Sicilian fishermen that by increasing the decoy factor (number of FADs), the catches must increase proportionally. This may be considered when historical series of catch and effort are available. A strong interannual fluctuation occurs in all areas, which might be similar to the general decrease of landings in 1992, or fluctuate independently. This variability is linked without doubt to environmental factors related to ethological and biological aspects of the species, whose presence in Mediterranean waters records scheduled periods of disappearance.

Although dolphinfish offer a good economic revenue, the marked and the distribution channels limit the exploitation. However, the population analyses have shown that the fishery is based upon the annual recruitment. This warns off the enormous impact of possible recruitment failures in the population. These possible failures could explain the falls of the catches registered during some years. These recruitment failures could be due, among others, to changes in environmental parameters and their effect in the recruitment pattern. Nevertheless, we cannot rule out other causes, such as resource availability due to modifications in the behaviour pattern, which also constitutes a failure of recruitment to the fishery; the ultimate cause being changes in the environmental parameters. Therefore, this indicates the necessity to intensify the studies directed towards determining the environmental influences on the population dynamics.

Acknowledgements

This paper is a result of DG XIV EU Biological Study projects 94/31 and 95/73. Dr C. Bussuttil (FAO, CPEMED, Malta) is thanked for kindly providing Maltese data.

Bibliographic references

- Bono G., Cannizzaro L., Gancitano S., Rizzo P., 1998. La pesca sui cannizzati aspetti quali-quantitativi de uno strumento alternativo al sovrasfruttamento dei grandi pelagici. *Biol. Mar. Mediterr.*, 5(1), 661-664.
- Caddy J.F., 1990. Tendencias recientes en las pesquerías del Mediterráneo. *Análisis y estudios CGPM*, 63, 1-48.

- Cannizzaro L., D'Andrea F., Pizzicori P., 1996. La pesca e la commercializzazione della lampuga (*Coryphaena hippurus* Linnaeus, 1758) a Linosa nella stagione 1995. Note Tecniche e Reprints dell'Istituto di Tecnologia della Pesca e del Pescato, 51, 13 p.
- Cannizzaro L., Potoschi A., Scalisi M., D'Andrea F., Romeo T., 1997. Bio-economic aspects of swordfish and dolphinfish fisheries in Sicily. Proceedings of the 3rd International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MEDCOAST 97, Nov. 11-14, Qawra, Malta, E. Ozhan (ed.).
- Cannizzaro L., D'Andrea F., Potoschi A., Scalisi M., 1999. Economic aspects of fishing of dolphinfish in Sicily. Biology and fishery of dolphinfish and related species. Massutí E. & Morales-Nin B. (eds). Scientia Marina, 63(3-4), 459-464.
- De Metrio G., Cacucci M., Sion L., Potoschi A., Cannavò G., Romeo T., Megalofonou P., Yannopoulos C., Kapiris C., 1997. Catches of juvenile bluefin tuna and swordfish during the albacore longline fishery in the Mediterranean. Contract CEE n° 94/079. Final Rep., 1-45.
- Farrugio H., Le Corre G., 1993. A sampling strategy and methodology for assessment and monitoring of Mediterranean small-scale fisheries. Scientia Marina, 57(2-3), 131-137.
- Farrugia-Randon S., 1995. The fishing industry in Malta. Past, present and future. Publikazzjonijiet Indipendenza, Pietà Malta, 195 p.
- Galea J.A., 1961. The "kannizzati" fishery. Proc. Gen. Fish. Council. Mediterr. Tech. Pap., 6, 85-91.
- Iglesias M., Massutí E., Reñones O., Morales-Nin B., 1995. Three small-scale fisheries based on the island of Majorca (NW Mediterranean). Bol. Soc. Hist. Nat. Balears, 37, 35-58.
- Lleonart J., Morales-Nin B., Massutí E., Deudero S., Reñones O., 1999. Population dynamics and fishery of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the Western Mediterranean. Biology and fishery of dolphinfish and related species. Massutí E. & Morales-Nin B. (eds). Scientia Marina, 63(3-4), 447-457.
- Lozano-Cabo F., 1961. Biometría, biología, y pesca de la llampuga (*Coryphaena hippurus* L.), de las Islas Baleares. Memorias de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid, Series de Ciencias Naturales, Tomo XXI, 93 p.
- Massutí E., Morales-Nin B., 1991. La pesca de la lampuga (*Coryphaena hippurus* L.) en Mallorca. Inf. Tec. Inst. Esp. Oceanogr., 96, 1-18.
- Massutí E., Morales-Nin B., 1995. Reproduction and migration pattern of dolphinfish (*Coryphaena hippurus* L.), in the Mediterranean Sea. Scientia Marina, 59(2), 357-364.
- Massutí E., Morales-Nin B., 1997. Reproductive biology of dolphinfish (*Coryphaena hippurus* L.) off the island of Majorca (Western Mediterranean). Fish. Res., 30, 57-65.

- Massutí E., Morales-Nin B., Moranta J., 1999. Otolith microstructure, age and growth patterns of dolphin (*Coryphaena hippurus*) (Pisces Coryphaenidae) in the Western Mediterranean. *Fish. Bull.*, 87, 891-899.
- Massutí E., Vidal S., 1997. La lampuga: un mite de la tardor. *Documenta Balear S.L.* (eds), Palma de Mallorca, 195 p.
- Massutí E., Morales-Nin B., Deudero S., 1999. Fish fauna associated with floating objects sampled by experimental and commercial purse nets. Biology and fishery of dolphinfish and related species, Massutí E. & Morales-Nin B. (eds). *Scientia Marina*, 63 (3-4), 219-227.
- Missaoui E., Chakroun F., 1997. Exploitation de la dorade coryphène (*Coryphaena hippurus*) sur les côtes tunisiennes. *Bull. Inst. Nat. Sci. Techn. Mer Salambô*, 4, 1-13.
- Morales-Nin B., Oliver P., Castro J.J., Cannizzaro L., Potoschi A., Pla C., 1995. Biology and fishery of dolphinfish in the Western Mediterranean and Canary Island Area. Contract CEE n°94/031. Final report, 1-180.
- Morales-Nin B., Massutí E., Castro J.J., Cannizzaro L., Potoschi A., Pla C., 1997. Dolphinfish biological and fishing data in the Western Mediterranean. Contract UE PCP n°95/73. Final Rep., 425.
- Morales-Nin B., di Stefano M., Potoschi A., Massutí E., Rizzo P., Ganzitano S., 1999. Differences between the sagitta, lapillus and vertebra in estimating age and growth in juvenile Mediterranean dolphinfish (*Coryphaena hippurus*). Biology and fishery of dolphinfish and related species. Massutí E. & Morales-Nin B. (eds). *Scientia Marina*, 63(3-4), 327-336.
- Pauly D., 1987. Managing the Peruvian upwelling ecosystem: a synthesis. *In: The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of change.* Pauly D. & Tsukayama L. (eds.). *ICLARM Stud. Rev.*, 15, 325-342.
- Pla C., Pujolar J.M., 1999. Genetic homogeneity of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the Western Mediterranean and the Eastern Atlantic. Biology and fishery of dolphinfish and related species. Massutí E. & Morales-Nin B. (eds). *Scientia Marina*, 63 (3-4), 337-341.
- Potoschi A., Sturiale P., 1996. Distribuzione dei "cannizzi" nel Tirreno meridionale e nello Ionio per la cattura della lampuga (*Coryphaena hippurus* L. 1758). *Biol. Mar. Mediterr.*, 3(1), 384-386.
- Vella A., 1999. Dolphinfish fishery around the Maltese Islands. Biology and fishery of dolphinfish and related species. Massutí E. & Morales-Nin B. (eds). *Scientia Marina*, 63(3-4), 465-467.
- Zaouali J., Missaouri H., 1999. Dolphinfish fishery in Tunisia. Biology and fishery of dolphinfish and related species. Massutí E. & Morales-Nin B. (eds). *Scientia Marina*, 63(3-4), 469-472.

Session 2

Technologie des DCP

FADs technology

Session 2 - Technologie des DCP

Session 3 - Méthodes de pêche associées aux DCP

Président : Marc Taquet (session 2) - Président : Roger Lise (session 3)
 Rapporteur : Aymeric Désurmont

La session 2 « Technologie des DCP » concernait essentiellement les DCP ancrés dans les grandes profondeurs et destinés à la pêche artisanale. Les différentes présentations ont donné un aperçu de la grande diversité des systèmes utilisés à travers le monde, dont le DCP ultra-léger, d'une valeur de 2000 francs français, utilisé par les pêcheurs guadeloupéens et le « nirai », d'une valeur de 6 millions de francs français, utilisé par les pêcheurs d'Okinawa au Japon constituent peut-être les extrêmes. Les principaux sujets abordés lors des débats sont résumés ci-dessous.

Les contraintes liées à l'environnement (profondeur, vents, courants), les réglementations locales (balisage, possibilité ou non du mouillage de DCP privés) et le type de gestion et de financement des DCP (privés, communautaires ou publics) ont été évoqués pour expliquer la diversité des systèmes utilisés.

La fragilité de la partie supérieure des mouillages a été identifiée comme un problème commun à de nombreux programmes, particulièrement dans les endroits où les techniques de pêche profonde (palangres verticales, pêche à la ligne dérivante, etc.) sont couramment employées. Il a été suggéré que les efforts déployés pour l'amélioration des systèmes portent en priorité sur cette partie de la ligne.

Pour continuer d'améliorer la conception des systèmes, plusieurs actions ont été suggérées :

- favoriser les échanges techniques entre les organismes participant à la mise en place de programmes DCP à travers le monde ;
- favoriser les échanges entre les opérateurs (pêcheurs ou gestionnaires de programmes DCP) et les fabricants de matériel (cordages, flotteurs, etc.) ;
- intégrer les progrès effectués dans d'autres domaines utilisant le même type de technologie (balisage maritime, bouées océanographiques instrumentées, etc.).

Le problème de l'utilité des appendices (feuilles de cocotier ou nappes de filet suspendues sous les radeaux et censées augmenter le pouvoir d'attraction des systèmes) a été posé. Il a été confirmé que leur efficacité avait été démontrée pour les DCP dérivants mais pas pour les DCP ancrés, ce qui pourrait peut-être s'expliquer par une différence dans les raisons pour lesquelles ces deux types de DCP favorisent l'agrégation.

La session 3, « Méthodes de pêche associées aux DCP », a permis d'obtenir un bref aperçu de quelques techniques utilisées dans chacun des trois océans. L'importance et l'efficacité des techniques visant plus particulièrement les plus gros thons qui se trouvent en profondeur ont été soulignées.

Démarche d'amélioration des DCP à la Martinique

Alain Guillou⁽¹⁾, Alain Lugin⁽²⁾, Alain Lebeau⁽³⁾, Daniel Priour⁽⁴⁾,
Michel Repecaud⁽⁵⁾, Lionel Reynal⁽²⁾, Jacques Sacchi⁽⁶⁾, Marc Taquet^{(2)*}

(1) Ifremer Sète, Drv/rh, 1 rue Jean Vilar, 34200 Sète, France - alain.guillou@ifremer.fr

(2) Ifremer, délégation de la Réunion, Drv/rh, BP 60, 97822 Le Port Cedex, Réunion

(3) Ifremer Brest, Tmsi/red/ha, BP 70, 29280 Plouzané, France

(4) Ifremer Brest, Tmsi/tp, BP 70, 29280 Plouzané, France

(5) Ifremer Boulogne, Tmsi/red/ha, BP 699, 62321 Boulogne-sur-Mer, France

(6) Ifremer Sète, Tmsi/tp, 1 rue Jean Vilar, 34200 Sète, France

* Auteur correspondant - Classement des auteurs par ordre alphabétique

Abstract

Since 1983, the research on the optimal conception of FADs in Martinique was particularly focused on the improvement of their resistance to different maritime or human aggressions. Following several experiments made with different types of FADs, the choice was brought on light devices anchored in 1 500 to 2 000 m depths and an experimental approach was conducted to identify the causes of loss of FADs and to attempt to modelize their hydrodynamic behaviour with relation to the sea conditions. Three mathematical models are used to simulate the FAD behaviour under current action and swell, and to estimate the forces exerted on each part of the device. The results of this study are presented. The FAD design used nowadays for the development of pelagic fishing in Martinique, recommendations for maintenance and preservation of the FADs are also proposed.

Introduction

Qu'il s'agisse de DCP expérimentaux ou opérationnels, la question de leur durée de vie et de leur coût reste une préoccupation constante. Du fait de la multiplication des programmes de développement de DCP, leur coût retient de plus en plus l'attention des aménageurs. La tendance semble être à privilégier des DCP de conception légère et simple car ni leur durée de vie, ni leur efficacité ne semblent affectées par la taille du dispositif. De plus, des DCP de prix abordable facilitent une prise en charge de leur gestion par les professionnels.

Tout au long des programmes d'accompagnement du développement des DCP aux Antilles, une démarche d'amélioration des dispositifs de concentration de poissons a été entreprise par l'Ifremer. Le suivi technologique régulier des dispositifs expérimentaux mouillés dans les eaux martiniquaises a permis d'améliorer la conception des dispositifs. Il a également permis d'identifier les points sensibles et les principales causes de rupture des DCP. Le comportement des DCP sous l'action des

courants et de la houle a été abordé à l'aide de plusieurs modèles hydrodynamiques qui permettent d'établir le bilan des forces s'exerçant en chaque point de la ligne de mouillage. Ces modèles permettent également de prévoir les conditions limites d'immersion des têtes de DCP en fonction du profil des courants.

Identification des causes de rupture des DCP

La première étape de la démarche d'amélioration des DCP a consisté à rechercher les causes de rupture de ces dispositifs. Pour cela, plusieurs actions ont été entreprises :

- des enquêtes auprès des professionnels ;
- l'observation systématique des DCP, par relevage de la partie supérieure ou en plongée sous-marine ;
- l'examen des têtes de DCP retrouvées après rupture ;
- la récupération de la partie inférieure de DCP ayant subi une rupture (Taquet *et al.*, 1998a).

Plusieurs causes de rupture des DCP ont pu ainsi être mises en évidence. Parmi celles-ci, on peut citer les **détériorations intentionnelles** fréquemment observées lors des premières mises à l'eau de DCP. L'introduction de toute nouvelle technologie engendre des bouleversements à différents niveaux au sein des communautés concernées. Sans avoir fait d'examen méthodique de cette question, nous avons pu noter certaines causes de divergence, entre individus ou communautés, lors de l'introduction du DCP. Aucune enquête n'a été réalisée pour s'assurer de l'origine réelle des sections intentionnelles de DCP que nous avons pu constater lors de nos programmes. Nous citons donc ici des causes possibles afin que, lors de nouveaux programmes de développement de DCP, ces éléments puissent être pris en compte.

La méconnaissance a été, dans plusieurs cas, la cause de récupération de DCP, en toute bonne foi, par des pêcheurs qui pensaient que ce matériel était perdu et en dérive.

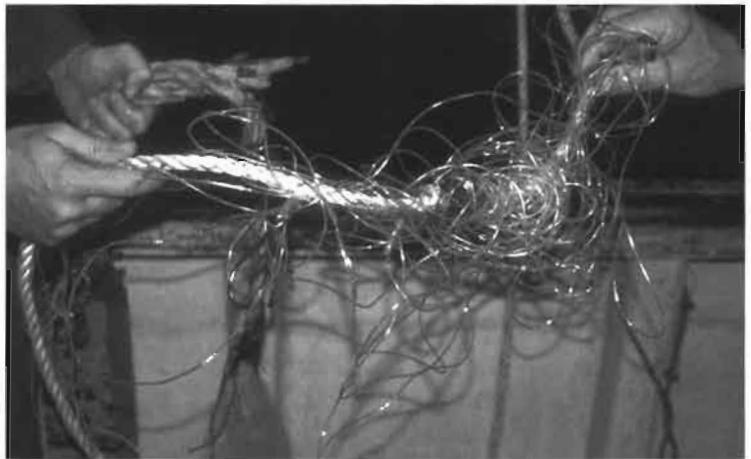
Des conflits de métiers ont été notés à plusieurs reprises. La pêche des poissons pélagiques près de la côte semble, par exemple, avoir subi l'influence des DCP qui auraient éloigné les poissons. Aucune preuve n'a pu être apportée sur un tel effet des DCP aux Antilles. Mais, aucune recherche n'a été effectuée dans ce domaine, non plus. Il convient donc de ne pas nier cette éventualité et de rechercher les moyens de limiter ces conflits d'accès à la ressource, notamment par un positionnement adéquat des DCP. Dans le même ordre d'idée, on peut mentionner les conflits entre professionnels et plaisanciers pour l'exploitation des DCP. Pour les DCP publics, nous avons constaté à plusieurs reprises que ceux qui les entretiennent ont tendance à se les approprier ou à vouloir imposer des règles d'usage qui ne sont pas partagées par tous. Dans le cas de DCP privés, les propriétaires cherchent à éloigner les pêcheurs qui viennent exploiter les concentrations se formant autour de leurs dispositifs. Ces attitudes peuvent entraîner des actions de malveillance se traduisant par la destruction de DCP.

Les moyens techniques utilisés pour faire face à ce type de problème, comme le renforcement de la partie supérieure des DCP par des chaînes ou des câbles, n'ont pas donné satisfaction. En effet, ils sont coûteux et ils peuvent causer eux-mêmes la rupture des DCP par corrosion ou usure. Par ailleurs, ces renforcements peuvent, par la nature des matériaux utilisés, augmenter le danger potentiel pour la navigation. Le moyen le plus efficace de lutter contre les coupures intentionnelles de DCP reste, pour l'instant, l'information et les discussions préalables entre les personnes concernées.

Pour récupérer leurs lignes de pêche accrochées involontairement au DCP, certains pêcheurs peuvent détériorer partiellement le dispositif. Par l'usage de gaffe pour attraper le DCP, les bouées qui maintiennent celui-ci en surface peuvent être perforées. De même, pour retirer leur hameçon du cordage, les pêcheurs peuvent être amenés à entamer ce dernier et, par conséquent, à le fragiliser.

Les bas de lignes en acier ou en nylon sont aussi la cause de rupture de DCP. Des DCP ont, en effet, été récupérés avec des lignes emmêlées autour du cordage et ayant fortement entamé celui-ci. Dans ce cas, la cause de la perte du DCP peut être identifiée par les morceaux de lignes qui restent emmêlés autour du bout et par la coupure franche et en biseau des brins du cordage (photo 1).

Photo 1
Cordage coupé et emmêlé
d'un bas de ligne de pêche.



La coupure des DCP par des navires de gros tonnage et à fort tirant d'eau (paquebots, cargos), a été observée à plusieurs reprises au cours de nos programmes. Les traces laissées sur le cordage par une hélice de bateau sont caractéristiques d'une rupture par étirement (photo 2). L'extrémité du cordage est effilochée et les brins sont de longueurs différentes.

L'examen des parties inférieures des DCP récupérées autour de la Martinique a permis de vérifier que le cordage ne subit aucune dégradation au-delà des deux cents premiers mètres (à partir de la surface). Aucune trace de vieillissement des cordages n'a été observée : pas de salissure, pas de détournage. Les épissures restent en parfait état ainsi que toutes les surliures. Les manilles et émerillons situés dans la partie profonde

sont à peine corrodés. Les lests en béton sont parfaitement conservés. Les cosses galvanisées qui n'avaient pas été assurées par des surliures sont par contre abîmées. Elles constituent par conséquent les points faibles des liaisons.

Il faut mentionner aussi que des **erreurs de montage** peuvent entraîner la disparition précoce de DCP. C'est par exemple le cas de lests en pierre amarrés à la partie supérieure du cordage pour le faire couler ; ils peuvent par frottement sur ce dernier provoquer sa rupture. Cependant, il est impératif de ne pas laisser flotter du cordage en surface afin d'éviter qu'il ne se prenne dans les hélices de bateaux. D'une manière générale, tous les points de frottement des têtes des DCP doivent faire l'objet d'attention particulière car c'est à ce niveau qu'ont été observées des usures causées par les mouvements de la mer.

Le matériel qui assure la flottabilité des DCP doit pouvoir résister à la pression. Lors de fort courant, les têtes de DCP peuvent plonger à plusieurs centaines de mètres. Ceci a pu être confirmé grâce à une sonde d'enregistrement des profondeurs placée sur un DCP expérimental de l'Ifremer.

Photo 2
Cordage rompu
par un navire à fort tirant
d'eau.



Si nous n'avons pas pu faire de lien entre la perte de DCP et le vieillissement du matériel, nous avons toutefois constaté que le soleil était un facteur de dégradation (effet des rayons ultraviolets) de la partie supérieure des dispositifs dont il fallait tenir compte.

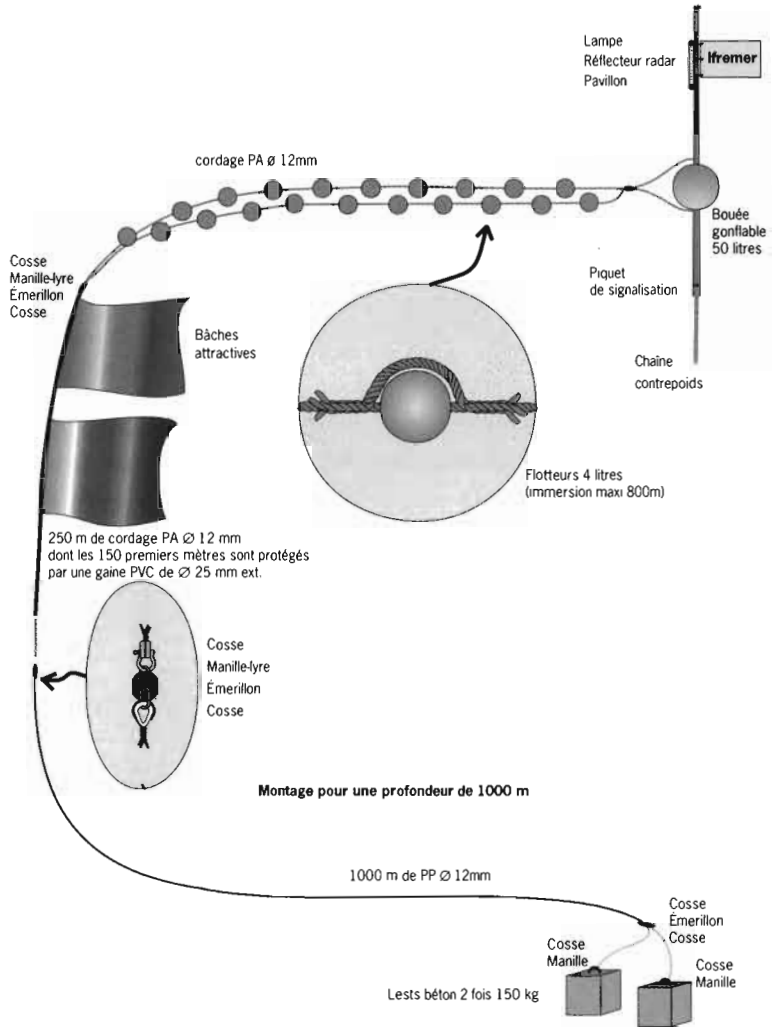
Modèle de DCP retenu en Martinique

Enrichi de toutes ces observations, le DCP actuellement mis en œuvre autour de la Martinique est de type léger (fig. 1). La partie émergée est constituée d'un flotteur gonflable « porte-pavillon » de 50 litres pouvant s'aplatir sous l'effet de la pression et reprendre sa forme lors du retour en surface. La flottabilité est complétée par une vingtaine de flotteurs de type boule de chalut résistant à la pression jusqu'à 800 m, de 4 litres chacun, répartis sur deux lignes parallèles. Ces flotteurs constituent une réserve de flottabilité utilisée pour résister à l'immersion due à l'effet du courant sur la ligne de mouillage. Ils permettent également d'amortir les variations de tension dues à la houle en offrant une immersion progressive de la partie flottante du DCP. Le pavillon est en matériau plastifié de couleur jaune, fixé sur un mât en fibre de verre (type mât de planche à voile) dépassant d'environ 2,5 m de la surface. Sur ce mât sont également fixés d'autres équipements destinés au repérage et au balisage du DCP. Un feu étanche d'une portée minimale de deux milles est placé en tête de mât. Un réflecteur radar, de type tubulaire, a été choisi, pour des raisons de sécurité de manutention lors du remplacement des piles des lampes notamment.

La longueur totale du mouillage est de 1,25 fois la sonde. Ce mouillage est constitué de deux cordages de matériaux différents.

Le cordage inférieur est en polypropylène, il est donc flottant pour ne pas reposer sur le fond lors des renverses de courant. Sa longueur est égale à la sonde afin d'éviter qu'il ne flotte à la surface et qu'il ne soit pris par une hélice de bateau. La partie supérieure en polyamide complète le mouillage ; ce matériau présente l'avantage d'être plus lourd que l'eau et, par conséquent, de ne pas nécessiter l'ajout de lest pour l'empêcher de rester en surface. Pour une profondeur de 1 000 m, le bout en polyamide aura donc une longueur de 250 mètres. Résistant aux rayons ultraviolets et aux frottements, il est également utilisé pour confectionner les deux lignes de flotteurs exposées à la lumière. Le matériel attractif est constitué de deux bâches en polyéthylène de 6 m² chacune (3 x 2) de couleur bleue. Le diamètre des cordages est adapté à la flottabilité de la tête. Pour une flottabilité totale de la tête de 80 litres, un cordage de 12 mm est utilisé. Plusieurs ensembles « cosse, émerillon, manille, cosse » permettent une fragmentation du cordage en portions pouvant pivoter indépendamment les unes par rapport aux autres. Cette précaution est prise afin d'éviter une torsion du cordage, notamment à chaque renverse de marée. Les manilles-lyres sont celles qui présentent la meilleure sécurité. La forme en lyre permet en effet une certaine élasticité lors du serrage et cette tension limite le desserrage du manillon

Figure 1
Schéma du DCP
actuellement en usage
en Martinique.



par vibration. Toutes les manilles sont assurées avec du fil (tresse goudronnée de 2 mm de diamètre), le fil de fer est à proscrire compte tenu des effets de corrosion qu'il engendre. Les manilles situées en profondeur, qui ne pourront pas être remplacées lors des opérations d'entretien, sont assurées par pointage. Les lests sont en béton, mais l'utilisation de lests en fonte plus compacts et plus solides est recommandée lorsqu'ils sont disponibles. Il s'agit de deux blocs de 150 kg reliés par une patte d'oie.

Afin d'éviter les usures et de limiter les risques de coupure accidentelle, de multiples précautions sont prises lors du montage des DCP. Une gaine protectrice, de type tuyau d'arrosage ou gaine d'électricité, est mise autour des 150 premiers mètres du cordage afin de le protéger des lignes de pêche. Les résidus de moulage de certains composants (bouées résistant à la pression...) doivent être éliminés par ponçage. Les mouvements

des flotteurs sur la ligne de mouillage doivent être limités au maximum (voir montage figure 1). Le bord des cosses galvanisées est systématiquement émoussé et une surliure maintient le cordage en place afin d'éviter des usures fréquemment observées à ce niveau. Les liaisons cordage-cordage sont réalisées à l'aide d'épissures et non de nœuds qui réduisent fortement la résistance de celui-ci.

Modélisation des dispositifs de concentration de poissons

Afin d'aider à la conception d'un modèle de DCP répondant aux objectifs et aux besoins de la profession, il paraissait important de chercher à modéliser le comportement de différents types de dispositifs sous l'action du courant et de la houle et d'évaluer les forces s'exerçant sur chaque composant de ceux-ci. Une telle démarche permet de s'assurer de l'adéquation du matériel utilisé avec les conditions de milieu sur les sites d'implantation des DCP. L'étude du comportement des DCP en fonction des conditions de mer était, par ailleurs, demandée par la profession qui souhaitait disposer de DCP ne coulant pas lors des forts courants, d'une part, et pouvant résister aux fortes tempêtes de la période cyclonique, d'autre part.

Pour répondre à cette attente, plusieurs actions ont été entreprises. Un premier modèle (DCPMAR) a été développé afin de définir la forme de la ligne de mouillage et d'évaluer les tensions résultant d'un profil de courant bidimensionnel et permanent sur les lignes de mouillages (Rageot, 1996 ; Taquet *et al.*, 1998b). Un deuxième modèle, spécifique du comportement des DCP sous l'action du courant et de la houle, a été réalisé par l'adaptation du logiciel Dynaline développé par l'Iframer pour ses besoins propres (Priour & Lebeau, 1999). Un troisième logiciel (Calm), réalisé pour l'aide à la conception de mouillages océanographiques profonds (Girardeau, 1993), a été utilisé à titre de comparaison et de validation des résultats obtenus. En parallèle, des mesures de profondeur d'immersion et de traction ont été effectuées *in situ* à l'aide de capteurs fixés sur les dispositifs implantés en Martinique. Ces mesures sont destinées à vérifier les résultats des calculs théoriques. L'évaluation des coefficients de traînée de différentes composantes du DCP a été faite au bassin d'essai de Boulogne-sur-Mer (Repecaud *et al.*, 1998). Les résultats obtenus sont utilisés dans les modèles.

Le modèle DCPMAR

Dans le cas de ce modèle, le profil de courant et le mouillage étant contenus dans un même plan vertical, on recherche une solution d'équilibre de l'ancrage pour un profil de courant permanent donné. Les effets de la houle et de courant transitoire ne sont pas pris en compte. Le mouillage est divisé en un ensemble de composants élémentaires. Sur chacun d'entre eux, l'ensemble des forces exercées est déterminé. La forme du mouillage et la tension le long du cordage sont obtenues en écrivant l'équilibre des forces sur chaque élément.

On distingue deux types de composants élémentaires :

- les éléments souples (cordages, chaînes, etc.);
- les éléments rigides (bouées, lests, bâches, etc.).

Bien que souples, les bâches sont considérées comme des éléments « rigides » pour le calcul.

Ces deux types de composants sont traités différemment du point de vue hydrodynamique.

Les éléments souples sont supposés être :

- parfaitement souples, c'est-à-dire qu'ils ne transmettent pas de couple;
- non élastiques : ils ne s'allongent pas sous l'effet de la traction.

La première hypothèse est classique et réaliste tant que le rayon de courbure du cordage reste assez grand, ce qui est le cas dans notre application. L'hypothèse de « non-élasticité » est plus discutable, notamment pour les cordages. L'élasticité varie en effet beaucoup selon le type de cordage et évolue avec le temps. Sa prise en compte à l'aide d'une relation linéaire entre l'allongement du cordage et la traction exercée n'est qu'une approximation souvent grossière, desservie par le manque de données expérimentales dans de nombreux cas.

Les éléments rigides sont traités comme des entités indéformables intercalées dans le mouillage par deux points de fixation.

Le calcul itératif est initialisé à partir de la tension et de l'inclinaison, calculées sur le premier élément du dispositif (le flotteur). La solution physique recherchée est celle qui amènera le lest en contact avec le fond.

Le modèle Dynaline

Dynaline est un outil de calcul d'effort et de déformation de petites structures filaires dans la houle et le courant, développé par l'Ifremer. Il est basé sur la méthode des éléments finis et les formulations de Morison. Son objectif premier est l'étude du comportement des filières mytilicoles en mer.

La plus grande difficulté de ce type de problème est que l'on ne connaît pas la forme que prend la structure à l'équilibre. Le logiciel la calcule à partir d'une position initiale arbitrairement définie par l'utilisateur. L'étude du comportement dynamique de la structure dans la houle est effectuée en introduisant les efforts de traînée et d'inertie dynamique et en calculant une suite d'équilibres dynamiques successifs semblables à l'équilibre statique. Les DCP étant composés de câbles et d'un ou plusieurs éléments flottants, et éventuellement d'éléments particuliers tels que des bâches par exemple, peuvent effectivement être étudiés à l'aide de Dynaline.

Pour le calcul, la structure est décomposée en un nombre fini d'éléments et de nœuds simplifiés. Les éléments modélisent les cordages et les chaînes. Ce sont des barres élastiques, éventuellement bimodules : autrement dit, le module d'élasticité en traction est alors différent de celui de compression pour rendre compte du raccourcissement possible des cordages.

Les nœuds modélisent les flotteurs et les lests. Ce sont des volumes de forme parallélépipédique. Les nœuds n'ont que trois degrés de liberté : les trois translations selon les axes x, y et z. On calcule ensuite de façon itérative la position d'équilibre de la structure en partant de la position initiale.

Pour l'équilibre statique, c'est-à-dire sans houle mais avec du courant, le modèle prend en compte les effets suivants :

- poids et flottabilité des flotteurs, lests, cordages et chaînes ;
- traînée due au courant ;
- effort extérieur constant éventuel (levage de la structure par un treuil de bateau par exemple).

Pour les équilibres dynamiques, on remplace la traînée due au courant par la traînée due à la houle et au courant et on ajoute l'inertie due à la houle. Des hypothèses simplificatrices sont posées en préalable afin de limiter la complexité du modèle mécanique et de permettre la résolution numérique du système d'équations.

Les limitations résultant de ces hypothèses sont résumées ci-dessous.

- La première limitation est liée à la modélisation des flotteurs ou des lests. Dans cette méthode, ces objets n'ont que trois degrés de libertés : les trois translations, c'est-à-dire qu'ils ne peuvent pas tourner, autrement dit, cette modélisation n'est valide que pour les objets qui ne tournent pas ou faiblement ou qui ont un comportement identique selon toutes les directions : les objets sphériques notamment. Cette limitation est peu contraignante.
- La seconde limitation vient de la modélisation des éléments. Ces éléments (barres élastiques) représentent les câbles, les filins, etc. Ce sont des segments de droite bien que les câbles et filins puissent ne pas être droits, aussi l'opérateur aura particulièrement soin de discrétiser ces câbles et filins en un nombre suffisant d'éléments pour que la courbure soit bien modélisée. Cette limitation est peu contraignante.
- La troisième limitation est liée à la houle. La théorie de houle utilisée est la houle d'Airy (linéaire). Dans ces conditions, la hauteur de la houle (H), sa longueur d'onde (λ) et la profondeur (d) du site doivent respecter certaines limites :

$$\frac{H}{d} \leq 0,04 ; \frac{H}{\lambda} \leq 0,006 ; \text{ avec } \lambda = g \frac{T^2}{2\pi}$$

T étant la période de houle. Cette limitation peut cependant être enfreinte lorsqu'on ne cherche qu'à estimer un ordre de grandeur des efforts dus à la houle.

- La quatrième limitation est liée à la modélisation des efforts dans la houle. La formulation de Morison qui est utilisée n'est valide que si la largeur des objets (D) est faible vis-à-vis de la longueur d'onde de la houle : $\frac{D}{\lambda} \leq 0.2$

Cette limitation est très peu contraignante compte tenu des dimensions des constituants des DCP.

Application des modèles aux dispositifs de concentration de poissons (DCP)

La description de la structure sera faite différemment suivant le modèle utilisé.

DCPMAR offre notamment plusieurs possibilités pour décrire la force de traînée (F) qui s'exerce sur les têtes :

- Proportionnelle au carré de la vitesse du courant (V) et indépendante de l'état d'immersion de la tête : sphère ou objet simple dont on connaît le coefficient de traînée (C) : $F = 1/2 \rho C S V^2$
- Fonction linéaire de la vitesse du courant par morceau pour une traînée indépendante de l'état d'immersion de la tête : $F = k(V)$
- Fonction permettant d'introduire une dépendance par rapport au facteur (f) d'état d'immersion de la tête : $F = (af+b)V^2$
- Dans le modèle général, la vitesse est fixée et la traînée est linéaire par morceau par rapport à f. À chaque élément i de la partition de l'intervalle $[0,1]$ est associé un coefficient directeur $a_i(V)$ et une ordonnée à l'origine $b_i(V)$. Toutes les fonctions a_i et b_i sont linéaires par morceau par rapport à la vitesse du courant : $F = a_i(V)f + b_i(V)$

Le profil de courant peut également être décrit selon deux modes :

- courant constant par morceau ;
- courant linéaire par morceau.

Avec Dynaline, la description de la structure des DCP est aisée en prenant quelques précautions pour transposer, par exemple, un flotteur sphérique en un flotteur parallélépipédique, seule forme connue du logiciel dans sa version actuelle.

Une succession de flotteurs de surface, comme en sont équipés certains DCP, pose un problème dans la mesure où, lorsque les flotteurs sont tous en surface, et exposés à un courant, la somme des traînées de chaque flotteur n'est sans doute pas équivalente à la traînée réelle de l'ensemble, par l'effet de sillage des premiers flotteurs exposés au courant. Les essais réalisés dans le bassin de circulation de l'Ifremer à Boulogne-sur-Mer montrent en effet les variations importantes des traînées des flotteurs suivant leur disposition sur la ligne de mouillage (Repecaud, 1996). DCPMAR intègre les résultats de ces mesures expérimentales et prend ainsi en compte les têtes composites.

Une bêche peut être représentée par un « nœud » de même surface auquel est affecté un coefficient de traînée déduit d'expérimentations en bassin d'essai.

Le DCP étudié

Il correspond au schéma et à la description ci-dessous (fig. 2). Les caractéristiques retenues sont proches de celles du dispositif actuellement en usage en Martinique.

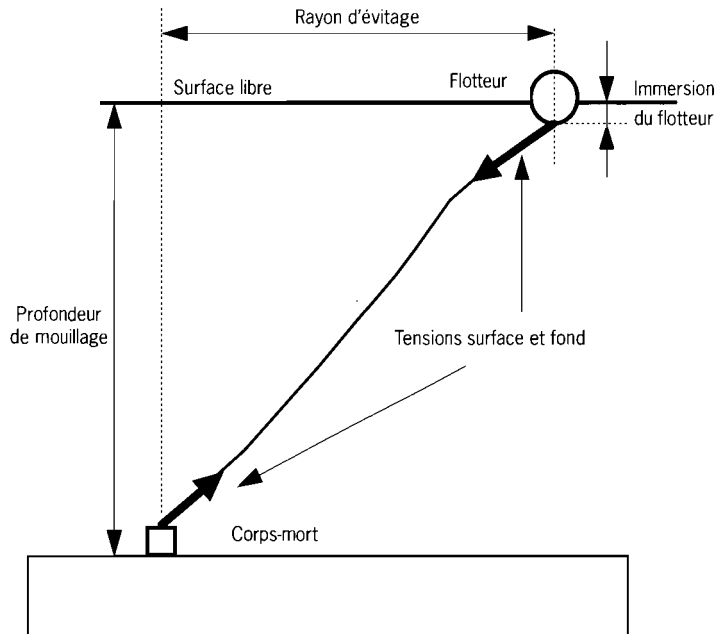
Le DCP est constitué de 500 m de cordage en polyamide (PA) et 2 000 m de polypropylène (PP) de 12 mm de diamètre. Il est mouillé à une profondeur de 2000 m avec un flotteur de tête sphérique de 0,5 m de

diamètre et de 50 kgf de flottabilité. Les résultats des simulations dans divers courants sont résumés dans le tableau 1.

Tableau 1 - Simulation du comportement au courant d'un DCP type « léger » à l'aide de trois modèles différents.

Modèle	Vitesse (m/s)	Immersion (m)	Rayon évitage (m)	Tension surface (kgf)	Tension fond (kgf)	État
Calm	0,2	0	1 373	35	45	flotté
DCPMAR	0,2	0	1 375	36	45	flotté
Dynaline	0,2	0	1 415	25	39	flotté
Calm	0,3	-337	1 720	50	59	coulé
DCPMAR	0,3	-349	1 731	50	58	coulé
Dynaline	0,3	-29	1 444	66	83	coulé
Calm	0,35	-554	1 897	50	58	coulé
DCPMAR	0,35	-564	1 906	50	58	coulé
Dynaline	0,35	-196	1 634	66	85	coulé
Calm	0,5	-1 005	2 183	50	57	coulé
DCPMAR	0,5	-1 013	2 188	50	62	coulé
Dynaline	0,5	-583	1 983	66	98	coulé

Figure 2
Désignation des termes
employés.



On note que les tendances simulées par ces différents modèles sont concordantes bien que les résultats fournis par Dynaline se démarquent nettement de ceux fournis par Calm et DCPMAR. Les écarts constatés entre Dynaline et les deux autres modèles peuvent s'expliquer par des méthodes de calcul différentes. Le rayon d'évitage est grand. La tête coule à une profondeur supérieure à 300 m dès que le DCP est exposé à un courant de 0,3 mètre par seconde. Des mesures *in situ*, réalisées dans le cadre du programme DCP Martinique avec des capteurs de pression Micrel de type P2T, ont effectivement montré des immersions de la tête du DCP jusqu'à 350 m de profondeur (Taquet *et al.*, 1998b). Les flotteurs utilisés doivent donc pouvoir supporter la pression existant à une telle profondeur. Nous devons toutefois préciser que le profil de courant retenu pour ces simulations est un courant constant sur toute la hauteur d'eau et que cette situation de courant fort, dans les masses d'eau inférieures, reste exceptionnelle. La situation plus réaliste est un courant fort dans la couche superficielle et un courant plus faible dans les couches profondes.

Comportement en présence de houle

Seul Dynaline permet d'effectuer une simulation « dynamique » du comportement d'une structure filaire en présence de houle. Ceci a été réalisé pour les conditions suivantes : hauteur crête à creux égale à 2,5 m et période de huit secondes (tab. 2).

Tableau 2 - Simulation des mouvements du flotteur de tête et des tensions au fond et en surface pour un DCP de type « léger » en présence de houle (H = 2,5 m et T = 8 s).

Vitesse courant (m/s)	Fourchette immersion (m)	Fourchette tension fond (kgf)	Fourchette tension surface (kgf)
0,2	0,4	38-42	24-28
0,25	0,5	60-64	44-49
0,3	Immergé-29 m	82,6-83,3	66-66,8

Les variations de tension sont à peu près constantes (approximativement 4 kgf), la houle étant elle-même inchangée dans chacune de ces simulations. Les surtensions relativement à celles calculées en l'absence de houle (tab. 1) sont, elles aussi, à peu près constantes (environ 2 à 3 kgf). Ces variations et surtensions restent faibles bien que la houle soit bien formée.

Cas du DCP de type « lourd » testé avec Dynaline

Le DCP « lourd » est constitué de 2000 m de PP et de 500 m de PA de 19 mm de diamètre. Il est utilisé dans une profondeur de 2000 m avec un flotteur de tête sphérique de deux mètres de diamètre. Le résultat de la simulation du DCP dans le courant est présenté dans le tableau 3.

Tableau 3 - Simulation du comportement au courant d'un DCP de type « lourd » avec Dynaline.

Vitesse courant (m/s)	Immersion (m)	Rayon évitage (m)	Tension surface (kgf)	Tension fond (kgf)	Observation
0,75	-0,32	1 415	521	550	Flotteur en surface
1	-0,46	1 461	903	961	Flotteur en surface
2	-1,3	1 734	3 231	3 529	Flotteur en surface

On remarque que le flotteur reste ici en surface bien que le courant soit fort, de l'ordre de 4 nœuds.

Les simulations suivantes ont été réalisées pour estimer l'allongement maximal des filins dans le courant. Les résultats sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4 - Calcul de l'allongement des filins PP et PA d'un DCP de type « lourd ».

Vitesse courant (m/s)	Immersion (m)	Rayon évitage (m)	Tension surface (kgf)	Tension fond (kgf)	Allongement	
					PA (%)	PP (%)
1,5	-0,842	1 583	1 907	2 074	2,2	6,4
2,5	-1,25	1 957	3 231	4 594	4,6	14

Les câbles de PA de 19 mm ayant une résistance de rupture de l'ordre de 7 500 kg, il est évident que les conditions les plus extrêmes de courant deviennent critiques pour la tenue du DCP. On constate que la tension subie par le mouillage se rapproche de la charge de rupture du cordage. On remarque que le flotteur s'immerge à partir d'une vitesse de courant de 2,5 m/s, soit environ 5 nœuds, ce qui est largement supérieur au cas du DCP « léger ».

On note également le fort allongement des câbles aux vitesses de courant les plus élevées. Cet allongement contribue à réduire les tensions. Avec un courant de 1,5 m/s, une augmentation de la raideur des câbles (à une valeur comparable à celle de l'acier) entraîne une augmentation des tensions en surface et au fond de l'ordre de 300 kilogrammes force. Pour un courant de 2,5 m/s, on notera cependant que les câbles sont sollicités à la limite supérieure ou au-delà de leur élasticité.

Les efforts qui s'exercent sur le corps-mort sont eux aussi importants, par exemple à 1,5 m/s et dans les conditions du tableau 4 :

effort horizontal : ~ 1 723 kgf [1 690 DaN]

effort vertical : ~ 1 150 kgf [1 130 DaN]

Ces efforts imposent donc de disposer de corps-morts pouvant les supporter.

Incidences de ces évaluations pour la fabrication des DCP

La simulation du comportement en présence de houle montre donc qu'avec les conditions de courant et de houle choisies, les surtensions

induites par la houle sur le câble de mouillage restent faibles en comparaison de celles dues au courant.

Les DCP légers sont correctement conçus pour résister aux courants et à la houle, mais ils présentent l'inconvénient de s'immerger pour des vitesses de courant relativement faibles. Les DCP lourds (flotteur de 2 m de diamètre et cordage de 19 mm) restent en surface jusqu'à 5 nœuds de courant. Par contre, les tensions s'exerçant sur le cordage sont relativement importantes. Les risques de rupture ainsi que de dérapage des corps-morts ne sont pas négligeables en cas de forts courants.

C'est la force de traînée sur la ligne de mouillage qui influence le plus le comportement du DCP. Si les professionnels souhaitent que leurs DCP ne coulent pas, il convient d'optimiser le rapport entre le diamètre du cordage et la flottabilité de la tête. Ce rapport est étroitement lié à la résistance des matériaux utilisés. Afin de définir le DCP optimal, il serait nécessaire de mieux connaître les conditions et profils de courant existant sur les zones d'implantation des dispositifs. Il serait également souhaitable de savoir si les poissons abandonnent le DCP à partir d'une certaine vitesse de courant. Si c'est le cas, il serait inutile de vouloir maintenir les DCP en surface au-delà de cette vitesse critique. Des enregistrements vidéo effectués sous les DCP en Martinique, montrent des petits poissons pélagiques en situation de nage très active pour maintenir leur agrégation malgré la force du courant. Bien que cela n'ait pu être observé directement, il apparaît fortement probable que la dépense énergétique induite par cette nage conduise ces poissons à abandonner le dispositif lorsque le courant persiste sur une longue durée.

Deux grandeurs caractéristiques intéressantes ressortent de ces simulations :

- Le rayon d'évitage d'un DCP profond est toujours très grand, une bonne approximation de ce rayon est obtenue par la formule simple suivante : $R = \sqrt{L^2 - P^2}$

avec L, longueur de la ligne de mouillage et P, la profondeur au point de mouillage ;

- La tension du cordage sous la tête atteint un seuil égal à la flottabilité nette de la tête. Même si la tension au fond est légèrement supérieure à ce seuil lors des immersions, cette grandeur peut toutefois constituer un point de repère lors du choix du cordage à utiliser (résistance à la rupture).

Recommandation pour la fabrication, la maintenance et la protection des DCP

Les DCP tels qu'ils sont conçus actuellement en Martinique résultent d'une expérience de plusieurs années. Ils sont destinés à répondre au besoin actuel des professionnels qui souhaitent développer des structures collectives dont ils veulent assurer la gestion. Le coût est donc pris en compte ainsi que le balisage obligatoire ou l'impératif de durée que

souhaitent les professionnels. Ce type de DCP ne convient pas nécessairement à tous les cas de figure (DCP expérimentaux instrumentés, DCP privés). Des modifications peuvent y être apportées pour répondre à certains besoins ou en raison d'indisponibilité de certains matériels. Leur évolution ne doit pas être freinée.

Toutefois, il serait dommage qu'à chaque nouvelle proposition l'expérience acquise ne soit pas prise en compte. Ceci est particulièrement vrai lorsqu'il s'agit de DCP opérationnels, reproduits en plusieurs exemplaires et dont dépendent les revenus de nombreux pêcheurs. Il serait donc souhaitable que toute amélioration soit testée avant d'être appliquée à l'ensemble ou à plusieurs DCP opérationnels. La fixation de dispositifs concentrateurs, différents de ceux existants, a par exemple été observée sur plusieurs DCP opérationnels de la Martinique. Leur résistance au courant, très différente de celle des bâches habituellement utilisées, peut entraîner la perte du DCP. De même, la fixation sur le cordage, si elle n'est pas faite correctement, peut provoquer l'usure et la rupture de celui-ci.

Le choix des composants du DCP ne doit pas être négligé, en particulier pour le matériel de la tête. Le DCP subit des agressions de différentes natures rappelées ci-après :

- exposition aux rayons du soleil (effet des ultraviolets);
- forces dues aux actions du vent, du courant et de la houle;
- pression lors des immersions des DCP;
- effets des engins de pêche accrochés accidentellement dans les DCP.

En Martinique, le montage des DCP est réalisé par les professionnels eux-mêmes à l'occasion de séances de travail organisées par le comité régional des pêches. La présence de professionnels qualifiés, chargés de la vérification minutieuse des montages réalisés, paraît indispensable. Les pertes de DCP causées par des bateaux sont relativement importantes, surtout sur la côte caraïbe de la Martinique. Seuls un balisage correct et une information des usagers de la mer peuvent permettre de réduire ces pertes accidentelles. La définition des zones définitives d'implantation des DCP permettrait de porter leurs positions et leur cercle de déplacement sur les cartes et documents nautiques officiels. Une telle disposition est indispensable dans les secteurs où le trafic maritime est important.

La maintenance des DCP est indispensable à leur pérennité. La vérification fréquente des parties supérieures des DCP doit être faite pour éviter leur perte par des usures imprévues ou des coupures accidentelles. Le changement régulier des têtes doit également être prévu. La récupération du matériel en bon état est possible, elle réduit d'autant le coût de ces opérations.

Sans un enregistrement rigoureux et régulier de tous les événements et interventions sur chaque DCP, il est difficile de comprendre les causes de pertes de ces derniers et surtout de savoir comment intervenir pour les prévenir. La nécessité de mettre en place un suivi est d'autant plus grande que le nombre de DCP à gérer est important. Le traitement sta-

tistique des données de suivi d'un parc opérationnel de DCP peut permettre de hiérarchiser les causes des pertes et d'identifier les actions à entreprendre pour en réduire les effets.

Prospectives

Du point de vue du coût et de la durée de vie des DCP, les progrès les plus importants sont à attendre, à court terme, de la mise en œuvre de plan de maintenance, d'une part, et d'information des professionnels et des navigateurs, pour éviter les ruptures accidentelles, d'autre part. Il est certain que beaucoup d'avancées techniques viendront des entreprises spécialisées dans les mouillages et la fabrication de matériel. L'emploi de matériaux à prix abordable, résistant mieux à l'abrasion, à la pression et aux rayons ultraviolets, est de nature à rallonger sensiblement la durée de vie des DCP. La fabrication et la vente de têtes de DCP « intégrées », conçues de telle sorte que les points d'usure soient réduits au mieux, seraient un moyen de pallier l'irrégularité d'une fabrication artisanale non spécialisée. La prise en compte, lors de la fabrication de ces têtes, d'aspects ergonomiques destinés à réduire le coût de la maintenance et les risques d'accident lors des interventions, est une voie de progrès nécessaire. Une amélioration du balisage nocturne est par exemple indispensable. Les lampes actuellement disponibles pour le balisage des DCP ne répondent pas aux exigences souhaitées. Compte tenu du type de dispositif mis en œuvre en Martinique, c'est dans la gamme des feux de pêche que sont choisis les balises nocturnes des DCP. Or, leur résistance à la pression est insuffisante et leur portée ainsi que leur autonomie gagneraient à être augmentées. L'intégration de la lampe en tête de mât de signalisation permettrait de remédier aux difficultés de fixation de celle-ci.

Des réflexions sur la nature, le nombre, la forme ou la position des dispositifs concentrateurs n'ont pas encore été beaucoup avancées ni formalisées en Martinique. Beaucoup de professionnels vantent les vertus de la feuille de coco. D'autres estiment que le fait de placer les dispositifs près de la surface favorise la remontée du poisson. Le nettoyage ou non du dispositif concentrateur pour un meilleur effet attractif sur les poissons est discuté par les professionnels. Les premiers DCP posés en région caraïbe étaient conçus avec des nasses destinées à abriter les petits poissons qui étaient supposés attirer les plus gros. Dans certaines régions du monde, les DCP ne comportent plus du tout de matériel attractif et fonctionnent très bien. Tous ces éléments gagneraient à être étudiés et un approfondissement de ce sujet apporterait des réponses à cette préoccupation des professionnels.

À l'avenir, il est probable que la demande des professionnels et des aménageurs sera formulée d'une toute autre façon. Par exemple, lorsque l'expérience des DCP sera suffisamment avancée pour savoir où les placer pour maximiser les prises, combien en mettre, à quelle distance les uns

des autres, etc., il pourra être envisagé de mouiller des DCP plus coûteux à durée de vie longue. Mais, on ne dispose pas encore d'informations suffisantes pour s'engager, dès à présent, dans ce type de démarche. En allant trop vite, le risque serait de figer les choses à un moment où la réflexion n'a pas été menée jusqu'à son terme. Les professionnels de la pêche perdraient alors la maîtrise du développement durable de cette nouvelle activité et risqueraient de ne plus y contribuer aussi efficacement que maintenant. L'expérience des uns et des autres, ainsi que des échanges entre pêcheurs professionnels, fabricants de matériel et scientifiques sont encore nécessaires pour améliorer les DCP afin qu'ils répondent encore mieux aux attentes de la profession.

Références bibliographiques

- Girardeau J.-P., 1993. Calm, conception assistée des lignes de mouillages (version 3.5). Laboratoire de physique des océans, université de Bretagne occidentale, 30 p.
- Priour D., Lebeau A., 1999. Dynaline. Ifremer Brest, direction de la technologie marine et des systèmes d'information (Tmsi).
- Rageot O., 1996. Logiciel d'aide à la conception des DCP. Rapport interne d'avancement de projet. Ifremer Martinique, laboratoire ressources halieutiques (Drv/rh), 23 p.
- Repecaud M., Mortreux S., Depuydt A., 1998. Dispositifs concentrateurs de poissons. Rapp. Intern. Ifremer DITI/GO/TP/RST/96-071.
- Taquet M., Gervain P., Lagin A., 1998a. Récupération de DCP perdus à 2000 m de profondeur. Bull. CPS, 3, 30-35.
- Taquet M., Guillou A., Rageot O., Maguer C., Lagin A., 1998b. Grands pélagiques : biologie et optimisation de l'exploitation dans les eaux proches de la Martinique. Ifremer-Conseil régional de la Martinique. Rapp. Fin., 96/241, 82 p.

Implementation of an ongoing FAD programme in Curaçao (Netherlands Antilles) during the period 1993-2000

Gérard van Buurt

Department of Agriculture (Dienst LW), Animal Husbandry and Fisheries, Curaçao
dlw34@curinfo.an

Abstract

In Curaçao, deep-water FADs with GRP surface buoys were developed and tested. The first FAD was deployed in 1993. Up to now, a total of 5 FADs were deployed at the following depths: 730, 685, 700, 754 and 574 metres. Changes were made to the surface buoy, resulting in an improved design, the MKII surface buoy. One FAD lasted three years and one month. The main features of the design used are: the use of a spar-buoy design with constant tension on the moving chain to avoid slamming and jerking of the surface buoy; liberal use of sacrificial anodes, and maintenance to replace these anodes about once a year; the use of a short anchor chain with depth buoys, that does not touch bottom; a one-piece inverted mushroom anchor. With the GRP surface buoy, a reserve buoyancy of approximately 800 kg is obtained with chain as external ballast about 610 kg of net buoyancy remains (it would seem that the reserve buoyancy needed where strong currents occur, has been underestimated in many designs). Five new GRP MKII buoys are now under construction. Utilizing the experience gained with the deep-water FADs, two new types of FADs made of 500 mm diameter PVC tubes were designed to be used in waters of shallow and medium depth (150-400 m). One design uses a 3-m length of PVC tube, the other a 5-m tube (500 mm diameter). One FAD with 3-m PVC buoy has been tested successfully, two 5-m PVC buoys are under construction. The use of PVC results in a buoy which is substantially less expensive than a GRP buoy. On the other hand, this type of buoy can probably not withstand the same forces as a GRP buoy and we assume that for use in deeper waters the GRP MKII buoy will still be needed.

Introduction

Function of FADs

In many countries, a large number of people derive either full-time or part-time income from artisanal fisheries. In addition to the fishermen themselves, some people market the fish, fishing vessels are built and maintained locally, etc., thus adding a considerable multiplier effect. Even though the fisheries sector is seldom of great importance in terms

of its contribution to the Gross National Product (GNP), it does have a substantial social impact. In many countries, a considerable amount of foreign exchange is being saved which would have had to be spent on food imports. For these reasons, efforts to develop fisheries, within the framework of responsible use of existing resources, make economic sense. The use of FADs can improve the production of artisanal fishermen, lowering fuel costs and reducing the time spent loitering at sea looking for fish. The FADs act as a habitat for juvenile fishes which otherwise might have perished and probably have some positive influence on fish production. Nevertheless, the enhancement role of FADs is of very limited importance. Basically FADs do not “produce” fish, but only aggregate dispersed fish making it easier to catch them. As with all fishing methods however there are certain drawbacks. There are limitations where FADs can be placed. Conflicts can arise between fishermen from competition for space around the FADs and in some areas FADs are known to attract large numbers of juvenile fish, thus creating the problem of overharvesting a part of the population which has not yet reached its reproductive potential.

Types of FADs

FADs can vary from fairly simple payao type structures (shallow-water FADs) to more elaborate deep-water devices. Several different designs exist.

Spar buoy designs

A spar buoy design is well-suited to waters with short-length, choppy waves. Such a buoy can be constructed for a reasonable price and can withstand fairly rough weather although may be not a full-blown typhoon passing directly overhead. With a spar buoy design all the loads can be transmitted *via* the nose cone to the centrepole (a three bridle chain can be avoided). The buoy can move up and down in the water and adjust to changing loads more gradually than a flat cylinder buoy. When properly ballasted with chain as external load, the buoys have a very sea kindly motion. Even in choppy waters, the spar buoy type float will dampen motions and will not jerk or slam like a flat tyre-type buoy. This was confirmed through observations by divers on a spar buoy type FAD used in Curaçao. The spar buoy was able to withstand periods with very rough seas; we believe that the fact that this type of design was used is a decisive factor in determining the survival of these buoys in the open seas. A disadvantage is that quite some ballast is needed. In areas with short waves such as the Caribbean, the spar buoy has an obvious advantage, which may be less pronounced in areas with long waves. Nevertheless, in areas with long waves, short waves are often superimposed on the long waves, especially during periods of bad weather. In such conditions, a spar buoy design could hold a decisive advantage.

Designs that utilize a series of small buoys in the mooring line

In several areas in the Indo-Pacific region, deep-water FADs which utilize a series of small buoys in the mooring line are used. A series of small buoys is used to absorb changes in tension on the main line. As in a spar buoy FAD, it can be seen that it is necessary to absorb the changing tension of the line gradually; the smaller floats have the function of dampening motions. In the Caribbean, such designs are used in Martinique and Guadeloupe. Two basic designs exist. A large deep-water FAD designed by an Ifremer team (Taquet *et al.*, 1998) and the Guadeloupe deep-water FAD of low-cost design.

When currents are strong, the whole FAD, which is built up out of depth-resistant floats will be submerged and will return to the surface when the current slackens. The design is thus well-suited for use at larger depths and in regions with strong currents. Compared to a FAD with one spar-buoy surface float, a FAD of such design can be moored easily at much larger depths. A disadvantage of the design is that the small surface buoy and its marker are not well visible from afar. Artisanal fisherman may have trouble finding the FAD. When the current is slack a row of small floats is exposed at the surface. Especially at night these can be overrun by ships. When moored in deeper waters, the radius of movement is quite large, it is thus difficult to indicate exactly where the buoy will be. This design is thus not suited for areas with a lot of shipping traffic.

Designs with taut cable, submerged-steel sphere, and surface indicating buoy

Designs exist for FADs which utilize a taut Kevlar or steel cable, a submerged-steel floating sphere, and a surface indicating buoy. There is a surface float, indicating where the submerged FAD is moored. From the submerged-steel floating body, a floating polypropylene rope, with some slack in it, runs to the surface and is connected to a relatively simple and cheap spar buoy with radar-reflector at the surface. A standard spar buoy such as those that are commonly used in longline operations can be used for this purpose. If the surface buoy is hit by a ship, there is a break-off point in the polypropylene line going to the surface. The relatively cheap surface buoy may then be lost, but a new surface buoy can easily be attached by a diver. Conceivably, a FAD of such design would be very durable, lasting many years, only the small surface indicating buoy would have to be changed at certain times. Even without the surface buoy the FAD would still be effective, allowing one to fish if the position of the FAD is known. The taut-cable design is however ill-suited for deeper waters. Divers have to be able to safely reach the submerged float and perform basic work, such as attach a new polypropylene line with surface buoy. If we assume that normal scuba equipment is used and assume that the work can be performed on days with relatively weak currents, then the submerged buoy should not exceed a depth of about 50 m on such days. Since the submerged float also has to be moored at a minimum depth of 15-20 m, in order to allow ships to pass over it safely, this leaves a fairly narrow range, say 20-50 m

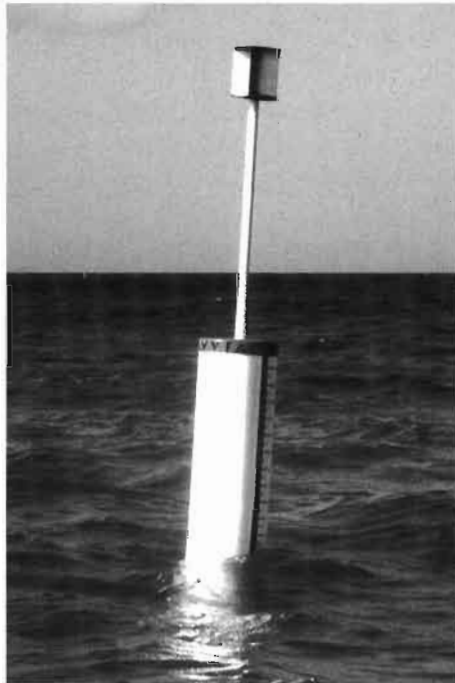
within which the submerged float has to fall. This requirement makes it almost impossible to use such a design in deep-waters. Since the scope of the FAD as a whole is very small, and the sources of error in accurately positioning a FAD in deep-water are many, it is almost impossible to achieve the necessary accuracy to successfully deploy this type of FAD in deeper waters.

FAD programme in Curaçao

Deep-water FADs (500-800 m)

For the Curaçao programme, a spar buoy design was chosen for the surface buoy (fig. 1). This decision was reached after viewing a video of the Puerto Rico tyre-type FAD developed by Fiegenbaum, Friedlander and Bushing (Fiegenbaum *et al.*, 1989). In view of the short wave choppy sea conditions prevalent in Curaçao, it was felt that a spar buoy design would be more suitable than a tyre-type design.

Figure 1
The 3-m PVC surface buoy,
moored in water of
approximately 260 m depth.

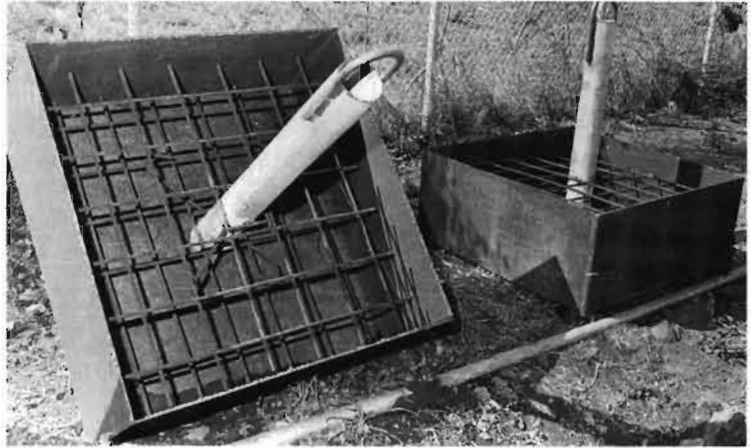


The designs which were reviewed in the 1984 South Pacific Commission Handbook (Boy & Smith, 1984) were studied. A design for Curaçao was arrived at and three deep-water FADs, using GRP (glass reinforced plastic) surface buoys (MKI buoy) were constructed. Key elements of this design are the following:

- the use of a spar buoy design, with constant tension on the moving chain to avoid slamming and jerking of the surface buoy;
- there is only one main line, attached to a single chain, a three-way bridle is avoided;

- liberal use of sacrificial anodes (at least 3 anodes of 2 or 2,5 kg each), and maintenance to replace these anodes about once a year;
- the use of a short anchor chain, with depth buoys, that does not touch bottom;
- use of a one-piece inverted mushroom anchor (fig. 2);
- ample reserve buoyancy (it would seem that the reserve buoyancy needed in areas with strong currents has been underestimated in many designs, see below).

Figure 2
Anchor boxes before
concrete was poured.



The first FAD with the MKI buoy (van Buurt, 1995) was deployed in 1993. Up to now, a total of 5 FADs were deployed at the following depths: 730, 685, 700, 754 and 574 metres. The following changes were made to the surface buoy, resulting in an improved design, the MKII surface buoy (fig. 3):

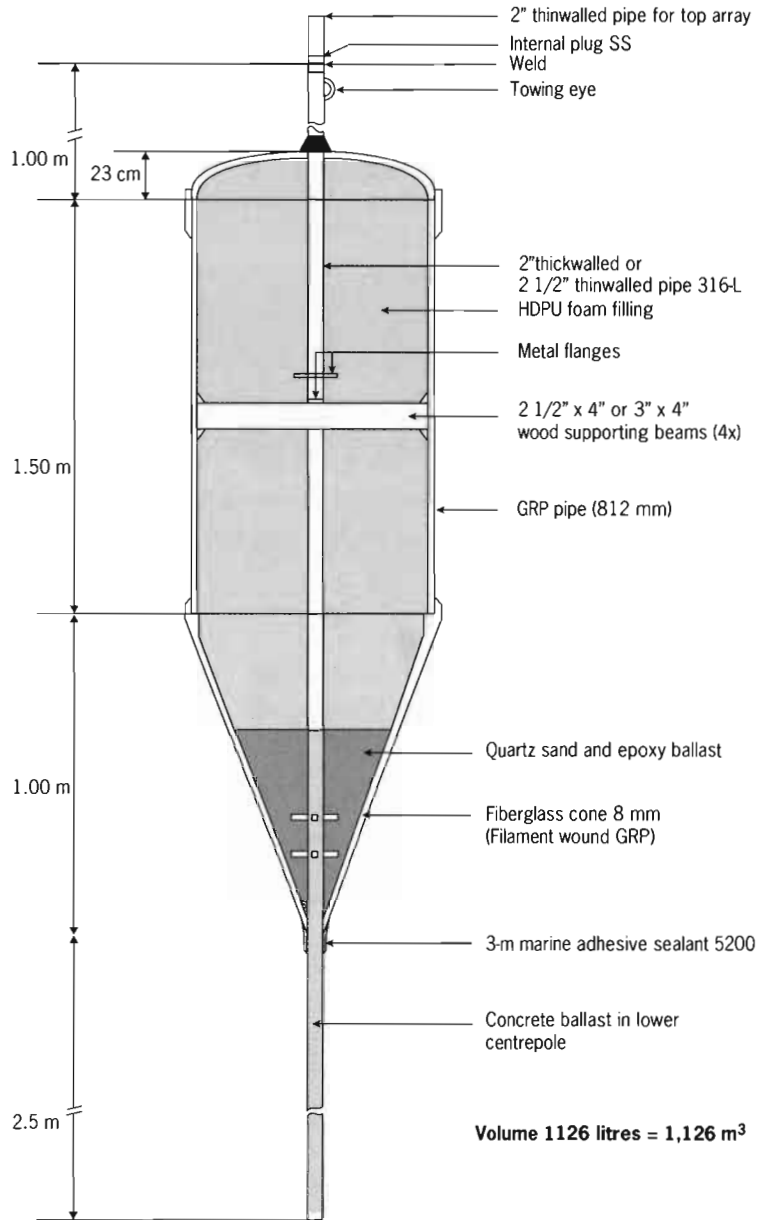
- the MKII surface buoy is slightly larger, increasing the reserve buoyancy with about 188 kg (from 426 to 614 kg). When calculating this reserve buoyancy, the submerged weight of the external chain ballast (approximately 190 kg) has already been taken into account;
- the internal battery box of the MKI buoy and its top cover were eliminated. The MKII buoy has a much stronger curved top cover;
- a flexible compound was used to seal off the through-hull passages of the centrepole.

Using this FAD design with the MKII surface buoy, it should be possible to maintain a deep-water FAD with a lifetime of three or five years. If this goal is achieved such a FAD would be economical, and also much more cost-effective than less costly systems with a shorter lifetime.

Mooring system

For a deep-water “longlife” FAD, a mooring line with a minimum diameter of about 20 mm polypropylene has to be used. The strength of such a thick mooring line is not primarily needed to hold the surface buoy but to give sufficient protection against fishbite and to help to

Figure 3
Design for MKII buoy,
longitudinal cross-section.



witstand illegal moorings. Even when informed and prohibited to do so, some boats will always moor to the buoy. The buoy should thus be able to withstand such illegal moorings to a certain extent. The diameter of the mooring lines and their length, along with the strength of the prevailing currents, will in turn determine a large part of the total drag and thus also determine the reserve buoyancy, the minimum size of surface buoy needed and the weight of the anchor. Quite often, it seems the reserve buoyancy needed for a deep-water FAD has been

underestimated. A sizable surface buoy and anchor will be needed. An inverse catenary Nylon-propylene mooring system is usually used. In the Curaçao no. 3 and no. 4 FADs, the following fairly typical mooring system was used:

Surface buoy

1 shackle 16 mm

1 swivel 3/4" (4 kg)

1 shackle 16 mm

3 m chain 14 mm

1 shackle 14 mm

1 steel-ring 14 mm or monkey plate/fish plate (to facilitate buoy changes)

1 shackle 14 mm (items 1 to 6, approximately 22 kg)

50 m chain 14 mm (approximately 215 kg)

1 Samson-Nylite connector (3/4"-13/16") with shackle

1 rol Nylon 220 m, 20 mm

1 Samson-Nylite connector (3/4"-13/16") with shackle

1 swivel 1/2"

1 Samson-Nylite connector (3/4"-13/16") with shackle

3 rols polypropylene 3 x 220 m, 20 mm

1 Samson-Nylite connector (3/4"-13/16") with shackle

1 swivel 1/2"

1 shackle 14 mm

5 m chain 14 mm with 3 "Cies" depth floats

1 shackle 14 mm

1 swivel 1/2"

1 shackle 16 mm

Anchor

It is necessary to use shackles which use a bolt and nut with a split pin. Those shackles which need not to be opened again can be spot-welded before deploying the FAD. The surface mooring chain used in Curaçao is fairly long, usually a shorter mooring chain would suffice. Since the mooring chain is fairly expensive a shorter mooring chain is cheaper. On the other hand, there are some advantages in using a long chain. It is very difficult to steal the buoy, a diver would have to go down to approximately 55 m depth in open water to cut the rope. Since someone wanting to steal the buoy presumably would not know where the chain ends, it is likely that an unauthorized diver would turn back at the 40 m level. It is very difficult to turn loose the shackles without using a lift-bag and this can only be done in relatively calm weather. One of the disadvantages of a spar buoy design is that quite some ballast is needed. The chain acts as external ballast and is more effective in keeping the buoy upright than the internal ballast since it is attached at the end of the centrepole which works as a lever. The internal ballast can thus be reduced somewhat, making it easier to tow the buoy behind the ship in a horizontal position and leaving more reserve buoyancy since the buoy can be kept fully upright with less total ballast. The radar-reflector on the MKII buoy is 4,5-5 m above water level (fig. 4).

Figure 4
The MKII surface buoy (FAD no.3) moored at approx. 700 m of depth; the radar-reflector is approximately 4.5 m above the sea



Instead of 20 mm Nylon, 18 mm can be used, this diameter was not available locally at the time.

Radar-reflector and light

It is very important to be able to see the buoy from afar. If the top light and radar-reflector are too low, a buoy will be difficult to see even in moderate waves; such a buoy is likely to be overrun by ships. With a spar buoy the light and radar-reflector can easily be put fairly high above the water.

Underwater attractors

FADs without underwater attractors will attract fish, but underwater attractors can increase the effectiveness of FADs. Many different materials can be used to provide a sheltering structure in practice; however, one has to take the amount of drag that such materials will produce into account to avoid the surface buoy to be dragged underwater. The ideal underwater attractor should provide a sizable shelter structure while minimizing drag. Its durability and drag characteristics are very important. A main problem is that, while they can hold out for a considerable time in calm or moderate seas, most underwater attractors do not last very long in rough seas.

Plastic fibres can be used which are enmeshed in the mooring chain or mooring line of the FAD. In the no.3 Curaçao FAD, strands made of 14 mm Nylon rope, which were fastened to the mooring chain, were used. Up to now, these have outlasted all previous underwater attractors, which were used (MacIntosh, MacIntosh mounted on PVC dampening pole, Fiengenbaum attractor), none of which lasted more than three weeks. The strands have the advantage of being cheap. They do not cause much drag, and there is not much snagging of hooks. On the other hand they may be less effective as a shelter structure compared to other types of underwater attractors.

Anchor

The weight of the anchor should be designed to equal twice the reserve buoyancy of the surface buoy. The holding power of a block is about half its (submerged) weight. Even if the buoy were to be dragged below the surface by strong currents, the anchor should still hold. On the other hand, the anchor should not be excessively heavy since this will increase handling problems and costs.

A heavy one-block, inverted mushroom anchor (a one-piece concrete and iron block) was used.

When a heavy anchor of approximately 1 200 kg is needed, it can be constructed as a low box ($0,4 \times 1 \times 1 \text{ m}^3$) made of steel plates which is filled with concrete (approx. 340 kg of steel, 900 kg of concrete). A reinforcement mat can also be used. Should the concrete crack from the impact of the anchor hitting the bottom, the concrete would still be contained in the steel box and the structural integrity of the anchor would be maintained. The bottom side of the anchor is provided with two 2" (5.08 cm) U beams to increase grip on the substrate and to prevent the anchor from sliding along the bottom.

Shallow and medium-depth FADs (150-400 m)

FADs with PVC (Polyvinyl chloride) pipe surface buoys

In Curaçao, various types of buoys were tried out as mooring buoys for small boats in coral reef areas. A buoy made of PVC pipe, a stainless-steel centrepole, concrete as internal ballast and some chain as external ballast was selected as being the most practical and cost-effective. The advantages of such a buoy are:

- if the buoy is hit by a ship, it will usually simply roll away;
- the buoys are easy to construct, PVC pipe is widely available in various diameters and is usually sold in 6-m length. It is of relatively low cost. PVC endcaps can also be purchased easily. For these mooring buoys 3-m length of 6" pipe were used;
- the buoy will stand high out in the water and can be easily seen from a distance. It is advisable to paint the buoy. A combination of orange and white is practical. The orange gives good visibility during the day-time, while the white stands out at night. If the PVC is painted, the paint will protect it from degradation by UV light. On thicker, larger

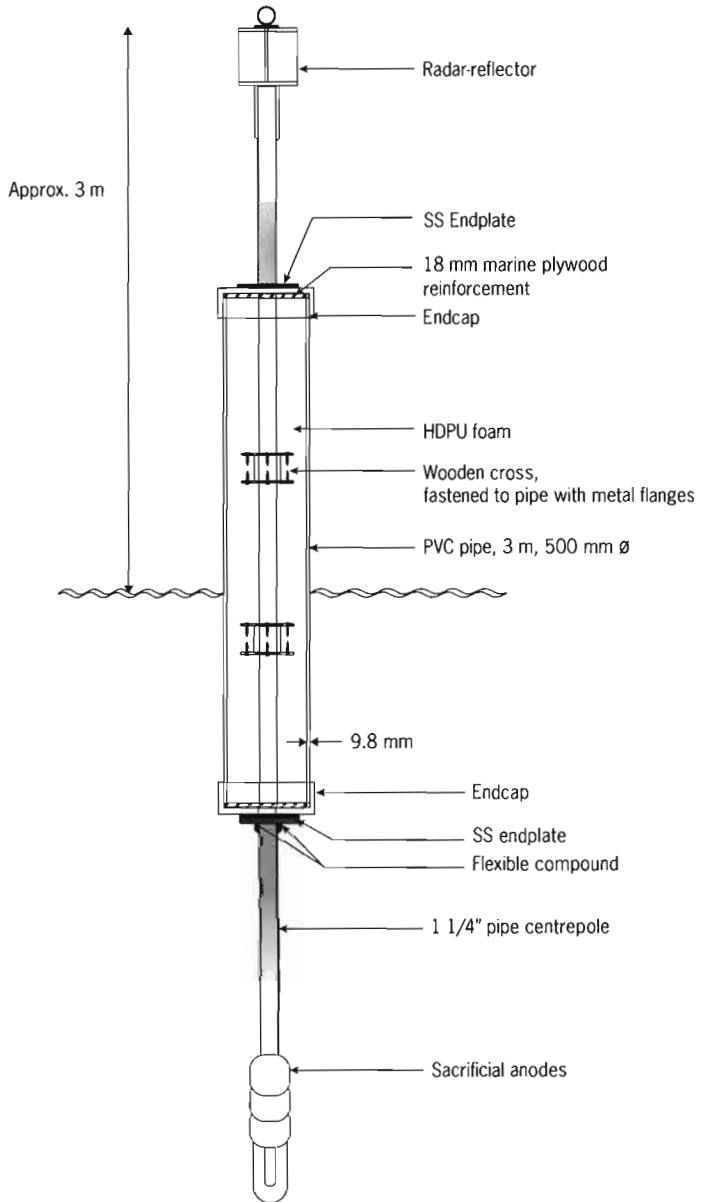
diameter pipes, this is less critical. The PVC will degrade somewhat on the outside, but due to the thickness of the wall the outer layer of somewhat degraded PVC will protect the rest of the material.

The same characteristics which make the PVC pipe-type buoy suitable as small mooring buoys also make them suitable as surface buoys for shallow and medium-water FADs. Since the PVC pipe buoy is a spar buoy-type float, it will adjust to changing loads more gradually than other types of buoys. When properly ballasted with concrete as internal ballast and chain as external load, the buoys have a very sea kindly motion. Even in choppy waters, the spar buoy-type float will dampen motions and will not jerk or slam like a flat tyre-type buoy. In Curaçao, a deep-water FAD that was moored only about 1,2 nautical mile offshore in water of 685 m depth has been attracting fish successfully. In some areas, it is possible to attract fish in waters only 0,5-1 nautical mile offshore. For this reason, the Curaçao Department of Agriculture and Fisheries has been working on designs for a light shallow-water FAD (150-250 m) and a medium-depth FAD (250-400 m), based on the Goodwin (1986) design, which is cheaper to construct and can be moored nearer to shore as a supplement to the larger deep-water FADs. The main difference between this new Curaçao medium-depth FAD and the PVC spar buoys used in Saint-Kitts is the use of a centrepole. On small buoys a centrepole is not needed, but on somewhat larger buoys the centrepole will help to keep the buoy upright and will distribute forces more equally *via* endplates welded to the centrepole. Some cross members of wood are used to distribute forces to the pipe more equally. A stainless-steel centrepole with two flanges at the endcaps is used, and each buoy filled with some concrete ballast in the centrepole and HDPU (high density polyurethane) foam in the PVC pipe. A radar-reflector is added to the mast, to improve visibility. As with larger deep-water FADs, it is necessary to seal the holes where the centrepole exits through the PVC endcaps with a flexible compound. As in the larger deep-water FADs it is advisable to use sacrificial anodes on the centrepole, to protect the mooring chain. A similar Nylon-polypropylene mooring system is used. When larger buoys are needed, it is probably better not to use PVC pipes, but to use the more costly GRP, or other materials of higher strength.

The 3-m length PVC surface buoy

Two surface buoys of 3-m length can be made out of a 6-m length, 50 cm diameter standard PVC pipe (fig. 5). Each buoy has a volume of approximately 588 l (0,59 m³). The weight of such a buoy is about 170 kilogrammes. Using only external ballast (112 kg with a submerged weight of 95 kg) a reserve buoyancy of approximately 323 kg can be achieved. Depending on the thickness of the mooring ropes used, a FAD with such a buoy as a surface buoy can probably be deployed in waters up to about 250 m depth. A sizable buoy can thus be constructed with low-cost PVC. One such FAD has been moored in water of approximately 260 m depth (14 May 1998), it lasted 582 days in the water.

Figure 5
PVC (3 m) surface float
for medium-depth FAD
(approximately 250 m).



The 5-m length PVC surface buoy

The 500-mm diameter PVC pipe is also available in 5-m standard lengths. Since these buoys were still under construction at the time of writing the exact weight and net reserve buoyancy are not yet known. Based on the experience with the 3-m PVC buoy the weight of the 5-m PVC buoy is estimated to be approximately 280 kg, the net buoyancy (with 95 kg submerged weight of external ballast) will be approximately 600 kilogrammes. This buoy would thus have more or less the

same reserve buoyancy of the larger and sturdier MKII buoy, which uses more ballast. However, since PVC is not as strong as GRP, we do not intend to deploy this buoy to the same depths of water.

Selection of suitable location(s)

Some criteria have to be respected:

- the FAD should be placed in an area where fish are known to occur. A FAD cannot aggregate fish if these fish are not present. A deep-water FAD should be situated in an area where migrating pelagic fish are known to pass.
 - slope: steep bottom slopes are to be avoided, since the anchor could slide down into the depths taking the buoy with it;
 - areas with heavy shipping traffic should be avoided;
 - the FAD should lie within reach of the artisanal fishermen who are going to use it;
 - deep-water FADs should be moored some distance offshore. The South Pacific Commission Handbook advises to keep a minimum distance of two nautical miles offshore. In areas with very deep-waters nearshore deep-water FADs can sometimes be employed successfully nearer to shore, in areas where pelagic fish are known to pass;
 - there should be a minimum of 3-5 nautical miles spacing between deep-water FADs. A line of FADs can sometimes be used to deviate migrating fish from their normal routes and “guide” fish towards certain areas. If the above criteria have been met, other less critical criteria determining the choice of the location are:
 - a more protected environment, for instance at the leeward side of an island;
 - selection of an area from which a buoy that works loose from its mooring would most likely be driven towards the shore, or towards an other island and would stand a chance of being recovered.
- When all the above criteria have been taken into consideration, it can usually be seen that the limitations on where FADs can be placed will result in a few areas only being available. The importance of such sites should be taken into account when coastal management studies are done.

Deployment of FADs

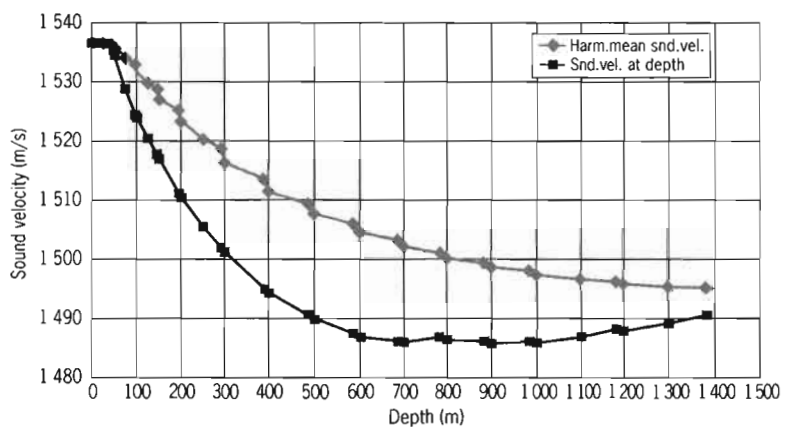
Accurate depth measurement

To deploy a medium or deep-water FAD, a fairly accurate estimate of depth is needed. In some areas where accurate nautical maps exist and depth contours are far apart, which is the case where a broad underwater shelf exists, the use of an echosounder is less critical and the depth could be taken from the map, using one’s position. In areas with a sloping bottom topography, the nautical maps give depth contours which have been extrapolated from a grid of fairly dispersed readings, and thus, cannot be relied upon for the precise positioning of a deep-

water FAD. As mentioned earlier, steep slopes are to be avoided, since the anchor could slide down into the depths taking the buoy with it. If an anchor scope of 1.2 to 1.3 is to be kept, and we assume the FAD to be moored at a 1 000 m depth, then the anchor should fall within approximately plus or minus 40 m of this depth. In order to deploy deep-water buoys, an echosounder which can give fairly accurate readings in deeper waters is needed.

It is necessary to adjust or correct for variations in sound velocity. Sound velocity in sea water is a function of temperature, salinity and pressure. The relation between sound velocity and these parameters is given by Wilson's equation. Sound speed tables based on Wilson's equation can be found in the Handbook of Oceanographic Tables (Bialek, 1966). Using data from the National Oceanic Data Center (NODC), oceanographic database at the Scripps Institute of Oceanography or other available data, a depth-vertical sound velocity calibration curve can be established. A calibration curve should be made plotting harmonic mean vertical sound velocities against depth (Maul & Bishop, 1970). From such a depth-sound velocity calibration curve, it can be seen that some adjustment is indeed necessary to obtain accurate results (fig. 6). In view of the other abundant sources of errors in precisely positioning the FADs, it is imprudent to add others that require little effort to eliminate.

Figure 6
Sound Velocity-depth
calibration curve for waters
around Curaçao.



Launching of FAD

When launching the buoys two vessels were used: a launching vessel and a marker vessel.

In Curaçao, the current is usually strong, also the depth contours are quite variable. Under these conditions, it was found to be absolutely necessary to put the depth sounder on a marker vessel instead of the launching vessel. Also, it was found to be necessary to calibrate the echosounder as described above. Conceivably in areas with weak currents and gently sloping bottoms, or where the plateau bottoms out, it may not be necessary to use such procedures.

All lines will be paid out. The vessel with the depth-meter will act as the marker vessel and stay put at the correct position where the buoy is to be set. The launching vessel will move about 200 m upstream of the marker vessel and launch the buoy, both the buoy and the launching vessel will then start to drift toward the marker vessel, the buoy drifting faster; when the buoy reaches the vicinity of the marker vessel the anchor is also launched. This way fairly accurate positioning can be achieved even when currents are strong.

The “anchor first” method is an option if one has a larger vessel available, with a winch that can hoist and lower the anchor. Usually, it is fairly expensive to rent such a vessel from a civil engineering contractor. If such a vessel were available at a reasonable price then the “anchor first” method is preferable. In such case, it is not necessary to use a separate “marker vessel” either. When launching FADs from a smaller vessel without a crane the “anchor first” method is not an option, if only for safety reasons. In such case, the “anchor last” method should be used.

If the size of the vessel used will allow, it is preferable to use a one-piece anchor. When handling a heavy one-piece anchor, such as is needed for deep-water FADs, an anchor release ramp should be constructed to facilitate launching of the anchor. Such a ramp can be constructed in such a way that it can be attached to a rented vessel. The anchor could be jettisoned by releasing a handle. In Curaçao, the tourist-party boat *MS Mermaid* is used for launching the FADs and the anchor ramp is constructed with a bracket that can be easily secured to the stern of the *MS Mermaid*. The vessel is rented at the normal tourist-party tariff of NAf 600 = US\$ 327 per trip. In addition to the *MS Mermaid*, a small “marker vessel” is also rented at a much lower price. If the vessel available for launching FADs is too small to safely allow for use of a one-piece anchor then the following technique can be used. Two oil drums filled with concrete are used, one on either side of the vessel, with the chain connecting them already passing below the keel of the vessel (Ben-Yami, 1989). Both are then thrown off at the same moment.

Maintenance

With any “longlife” FAD programme some maintenance is necessary. Longevity of FADs can only be achieved if maintenance constitutes an integral part of the programme.

Sacrificial anodes

If sacrificial anodes are used to protect the mooring chain, then it will be necessary to change these about once a year (the FAD in Curaçao was found to use approximately 200 g of sacrificial anodes per month). This can be done as follows. Divers release the tension on the mooring chain by attaching a lift bag to the mooring chain at about 7-m depth. Subsequently, the bag is filled with air. The anodes on the spar buoy can now be changed.

Leaking buoys or buoys otherwise damaged

If leaks develop the surface buoy can be detached, replaced by another buoy and towed away for repairs. Again a lift bag is used. If a monkey plate (also known as fish plate) is incorporated in the mooring design, then it is fairly easy to change buoys. A piece of chain attached to the new buoy is bolted to the monkey plate in the mooring chain of the old buoy. By incorporating the necessary mechanisms to replace leaking buoys in time, these can be recovered before they are lost taking the whole FAD with them. In any FAD programme, there should always be at least one spare buoy available at all times. Over the duration of the programme, this will generate considerable savings. Buoys that are replaced are repaired, repainted, etc.

Light, solar panel, electrical system

To increase its visibility at night, the FAD can be equipped with a top light. Kerosene or gas lamps can be used but these are not very practical since the fuel does not last very long. The top light can be powered by batteries. If a photocell is used to turn on the light at nightfall and turn it off at daybreak, then the batteries will last longer. Nevertheless, it will be necessary to replace the battery quite frequently. The batteries can be charged with solar panels or a small wind generator. More sophisticated marine lamps exist that automatically replace a burnt-out lightbulb with a new one, the system holds six lamps. This way the lights can last a long time, but the price increases quite a lot. A system of this type, consisting of top light, solar panel and batteries is quite expensive, without it the whole FAD would be significantly cheaper. The range and power of an industrial-type marine lamp is not really needed. The lamp and solar panel are relatively vulnerable to rough handling. When the buoys are loaded on the ship and when they are launched into the water, great care has to be taken to avoid smashing the lamp and/or solar-reflector against the ship. When buoys are launched or changed, great care has to be taken not to submerge the lamp and solar panel; although these are watertight they were not designed to withstand full submersion. While it should be possible to service the electrical system, in practice this can be quite a problem. Even a simple change of batteries can be achieved only during very calm weather, in rough or even moderate weather any maintenance becomes quite impossible. In practice, in many areas, calm weather conditions may not occur very often. The solution to this problem would be to have a relatively low-powered fluorescent light (daylight) which can serve as an anti-collision light enclosed in a fairly small watertight housing together with its battery, photocell and solar panel as an integral unit. Ideally, such a unit should be detachable to the mast of the surface buoy of the FAD. A bayonet-type fitting could be used. This way the whole array of top light, solar panel, and batteries can be taken off and replaced for service, and new FADs can be launched without them, the array being attached to the FAD when it is in the water.

The question can also be raised whether it makes sense to have a top light at all. The buoy could do without a lamp and have the radar-reflector and centrepole covered with reflective materials such as Scotch tape. Also the buoy itself can be painted with reflective materials. This will lower the price of the buoys considerably, and will greatly facilitate their handling while launching, changing or retrieving. A buoy without light (or with a completely detachable lighting system) can be completely submersible. Such a buoy can be towed behind the vessel. When the buoy is launched, the vessel will only have to carry the anchor and mooring lines. It would seem best to use buoys with lights only in those areas where the light is really needed, such as areas with a lot of sea traffic. Buoys without a top light, having a radar-reflector and reflective materials would be used in areas with less sea traffic.

FADs and the current

After the first experiences with the MKI buoy in Curaçao which had a net reserve buoyancy of approximately 400 kg (including the external ballast), it was felt desirable to increase the reserve buoyancy somewhat in the newer MKII buoys. The new MKII buoy has about 680 kg of net reserve buoyancy. On some days with strong currents the buoys were leaving a wake and if approached by boat it would seem as if they were slowly moving ahead under power. On such days, the buoy would be drawn down considerably and with the MKI buoys waves would sometimes wash over its top cover.

In Curaçao, currents are measured by the Curaçao Port Authority at the south coast near the harbour entrance. Current-meters are situated at a depth of 5 and 10 m below the surface and are attached to a platform which stands in 12 m of water. A mean current value of 0,5 knots is recorded with maximum values up to 2,5 knots. Almost every year there will be some days when the strength of the current ranges from 2 to 2,4 knots. About once every two or three years the current will be above 2,4 knots. Usually this will last for only a few hours. Once a current of 2,6 knots was recorded. Further out from the coast, a mean current of about 1-1.5 knots flowing W-NW is usually encountered. It is not known how the strength of this current is related to the current measured at the harbour entrance.

We assume that in the areas where our FADs are moored a 2,7 knots (approximately 1,35 m/s) surface current can be reached, if only for a few hours once every two or three years. We also assume that this current will affect the whole layer of surface water above the thermocline, say the upper 150 m of depth. During any year there will be currents of about 2,4 knots (approximately 1,2 m/s). It could very well be that currents in Curaçao can be much stronger, if only for a short peak period, than anything similar FADs would have encountered out in the open sea near oceanic islands in the Indo-Pacific. This observation draws us back to the observation in the 1984 South Pacific Commission Handbook on deep-water FADs where it is stated that “the passage of typhoons

in the Pacific area has been a major problem, making it difficult to achieve the goal of developing permanent deep-water FADs". According to the Handbook even the best designs do not fare too well when a typhoon passes. When a typhoon passes, short-wave length choppy waves are suddenly superimposed on the long waves. It is also likely that a passing hurricane or typhoon can generate surface currents of abnormal strength, if only for a relatively short period. Several of the designs discussed in the SPC Handbook and also those in the later 1996, volume II of the Manual (Gates *et al.*, 1996), would certainly have insufficient reserve buoyancy for the Curaçao environment, and could probably not be expected to last more than a few months at most in our waters.

Once a cylindrical buoy is drawn below the surface, the drag increases and the hydrodynamic forces will usually pull it down to its collapsing depth (Taquet, pers. comm.). Thus, usually the buoy will not resurface. It is thus important to moor the buoys at such a maximum depth that it is unlikely that currents could ever pull them down.

It should be possible to calculate the maximum mooring depth for each type of FAD at the maximum current strength that can occur at a given site over say a five-year period. Each FAD can then be "rated" to a certain maximum depth, and one would make sure not to moor the FAD any deeper. In practice however it is difficult to do this. Too many assumptions are involved such as the exact maximum current strength, the current strength with depth and the actual drag of the surface buoy and its mooring chain. Even though computer simulations cannot thus be used to determine a precise maximum mooring depth "rating", they are nevertheless very useful since they do give a basic idea of the operating limits of the FADs.

Economics

There are few detailed discussions on the economic performance of FADs. Usually there are not sufficient data available to justify a detailed discussion of economic performance. Economic performance depends, among others, on the following factors.

Location

The location of a FAD is very important. The FAD should be placed in an area where fish are known to occur. A FAD cannot aggregate fish if these fish are not present.

Catches around FAD

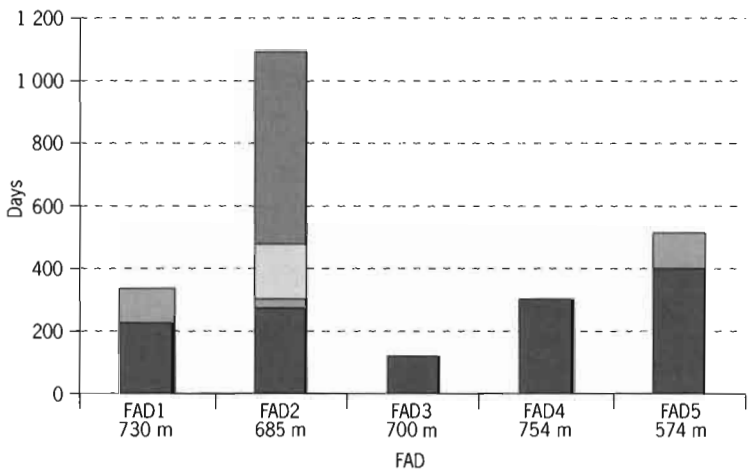
For a proper evaluation of the effectiveness of FADs monitoring of catches is necessary. Accurate catch and effort data around FADs are often lacking. One of the main problems with FADs used in artisanal fisheries is that it is usually quite costly to collect such data. In the Caribbean, the most extensive studies in this field were made by Ifremer in Martinique (Battaglia *et al.*, 1991) and Guadeloupe (Lagin *et al.*, 1993). In Saint-Kitts

and Nevis data were collected by Goodwin (Goodwin, 1986). Fiegenbaum *et al.* (1989) collected data around a FAD in Puerto Rico. These studies all indicate that the FADs do increase catches significantly.

Costs versus longevity

The ratio of costs versus longevity of a FAD is one of the most important economic factors, once we assume that a suitable location has been found. On one hand, we have the costs of construction, deployment and maintenance, on the other hand the expected longevity (fig. 7).

Figure 7
Longevity of FADs in Curaçao. The FADs were moored at 730, 685, 700, 754 and 574 m respectively. The different blocks within the columns of the histogram represent periods with a different surface buoy on the FAD. FADs that lasted longer (FAD 2 and FAD 5) are those that were moored in waters which are somewhat shallower.



Deployment costs

The cost of deployment would depend in a large measure on the price of the vessel used (as discussed above). The weight of the FAD and its anchor will influence the size of the vessel needed and thus the deployment costs.

Costs of maintenance

This includes the cost of sending a vessel with divers to change the sacrificial anodes, the cost of the anodes, the cost of refitting, painting and effecting small repairs to the buoys. In case an electric top light is used the (sometimes quite considerable) costs of servicing this light, such as for example the cost of new batteries should also be included.

Lifetime costs for the GRP (MKI and MKII) FADS

Costs approximate in US\$, estimates are for the year 1995 and cost per month are based on a 3-year lifespan.

GRP-FAD	
Construction costs	10.500
Deployment costs	500
Maintenance costs	2 x 400 = 800
Total costs	11.800
Costs/month	327

The costs of research and development and the costs of certain equipment that is used while deploying the buoys, such as the cost of the depth-meter, the liftbags, the anchor launching ramp and the buoy launching ramp have not been taken into account. These should be incorporated in the cost of a large number of FADs.

Ownership and rules governing the use of FADs

In Curaçao FADs are owned by the Curaçao Island Government and maintained by the Department of Agriculture and Fisheries (Dienst LVV). The FADs are deployed after consultation with the harbour master (Curaçao Port Authorities), who is in charge of shipping activities around the island. Vessels are not allowed to moor on the buoy except in case of emergency. In practice, however, this cannot be avoided and the mooring system of the buoy should take this into account, to a certain extent.

Conclusion

FADs in the Caribbean have developed from the early pioneering tyre-buoy type (Fiegenbaum *et al.*, 1989), work with FADs using tyres and old netting (Goodwin, 1986) and experiment with FAD designs from the Indo-Pacific Ocean (Ifremer), to a series of FADs that are practical to use in the Caribbean environment. Several different designs exist, each has its own niche, and may be best suited to particular areas in the Caribbean or elsewhere. In Curaçao, there is quite some shipping traffic around the island, waves are choppy and currents can be strong. On the other hand, the waters are deep near the island and in some areas migrating pelagic fish move along the island not too far from shore. In such an environment, it is probably best to use FADs with a spar buoy-type surface buoy.

The use of several FADs, rated to different mooring depths is probably more cost-effective than the use of one single standard design. Considerable progress has been made towards the goal of developing long-lasting FADs. The strength of the currents has originally been underestimated and this has been one of the main problems encountered. In view of the strength of the current in Curaçao the maximum mooring depth for the deep-water FAD with the MKII surface buoy should probably be limited to around 600 metres. Under such conditions and with some maintenance, a lifetime of three years or more for each FAD can be realized. The original design goal of a long-lasting FAD that could be deployed up to about 800 m depth cannot be attained with the present design. It is possible to construct an even larger surface buoy with even higher reserve buoyancy. However, this does not seem to be a practical solution to the problem.

In many areas around the island, it may not be necessary to reach 800 m of depth since FADs closer to shore were not necessarily found to be less effective in attracting fish. Nevertheless, a maximum mooring depth of

600 m only will result in some restrictions as regards optimum mooring sites available. It may be possible to extend mooring depths up to the 700 m level by reducing the drag on the mooring line. A smaller diameter Nylon mooring line of a plaited type can be used (16 mm plaited instead of 18 mm three-strand) and the high drag mooring chain, which serves as external ballast can probably be somewhat shortened.

Bibliographic references

- Battaglia A., Lagin A., Reynal L., 1991. Implantation de dispositifs concentrateurs de poissons en Martinique. Premiers résultats obtenus et objectifs pour 1991. Rapp. Intern. Ifremer Martinique.
- Ben Yami M., 1989. How to make and set FADs (Fish Aggregating Devices). Versión en Español: Cómo fabricar y fondear los dispositivos para la agregación de peces. FAO Train. Ser., 15.
- Bialek E.L., 1966. Handbook of oceanographic tables. US Naval Oceanographic Office, Washington, DC.
- Boy R.L., Smith B.R., 1984. Design improvements to Fish Aggregation Device (FAD) mooring systems in general use in Pacific Island Countries. SPC, Noumea, New Caledonia.
- Buurt G. (van), 1995. The Construction and deployment of deepwater Fish Aggregating Devices in Curaçao. FAO Regional Office for Latin America and the Caribbean, Santiago de Chile, RLAC/95/14-PES-25.
- Fiegenbaum D., Friedlander A., Bushing M., 1989. Determination of the feasibility of Fish Attracting Devices for enhancing fisheries in Puerto Rico. Bull. Mar. Sci., 44(2), 950-959.
- Gates P.D., Cusack P., Watt P., 1996. South Pacific Commission Fish Aggregating Device (FAD) Manual. II. Rigging deep-water FAD moorings. SPC, Noumea, New Caledonia.
- Goodwin M.H., 1986. Evaluation of fisheries enhancement technology for the Eastern Caribbean. Report to USAID Regional Development Office/Caribbean Grant, no. 538-000.
- Lagin A., Ledouble O., Reynal L. 1993. Les DCP en Guadeloupe : premières données. Rapp. Intern. Ifremer Martinique, 40 p.
- Maul G.A., Bishop J.C., 1970. Mean sounding velocity: a brief review. Int. Hydrogr. Rev., Monaco, 47(2), 85-92.
- Taquet M., Guillou A., Rageot O., Maguer C., Lagin A., 1998. Grands pélagiques : biologie et optimisation de l'exploitation dans les eaux proches de la Martinique. Ifremer-Conseil régional de la Martinique, Rapp. Fin., 96/241, 82 p.

Analyse fonctionnelle des causes de rupture des DCP de la Réunion (océan Indien)

Jacques Sacchi⁽¹⁾, Emmanuel Tessier⁽²⁾

(1) Ifremer Sète, Tmsi/tp, 1 rue Jean Vilar, 34200 Sète, France - jsacchi@ifremer.fr

(2) Comité régional des pêches maritimes et des élevages marins, 28 rue Maréchal Galliéni, 97420 Le Port, Réunion

Abstract

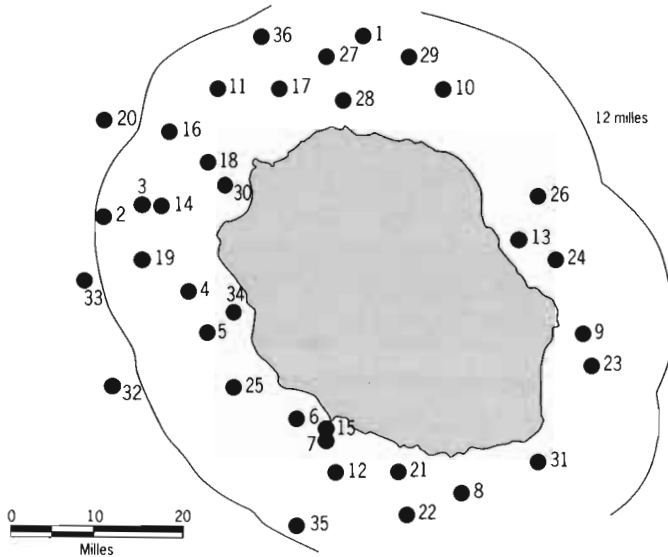
The development of the FADS gave rise to technical problems owing to their conception, their setting spot and of their utilization. Failings generated by the unreliability of components or the uncertain repair precariousness, those can prove to be here more and more expensive with the progression of the ageing of devices and reasons of their loss. For as various domains that aerospace or the fishing deck layout, the engineering has functional analysis tools that permit to reduce conception uncertainties of systems by the mean of a hierarchical classification of function values of components. The application of one of these techniques, the FMEA (failure mode and effects analysis) to the study of reasons of FAD loss in la Réunion describes everything this type of method can bring to the appraisal in fishing technology. This preventive analysis method that counts and puts in evidence the potential risks integrates in the mind of a precaution approach as it would be suitable to see and apply to the FADs and to their exploitation.

Introduction

À la Réunion, le succès de l'implantation des DCP entraîna progressivement la création d'un parc d'une trentaine d'unités (fig. 1) dont l'entretien et le remplacement furent rapidement pris en charge par le comité régional des pêches maritimes et des élevages marins (CRPMEM), organisme officiel représentatif des pêcheurs professionnels réunionnais. Leur développement ne s'est pas fait sans difficultés techniques ni sans problèmes de cohabitation avec les autres activités maritimes. Avec le vieillissement des structures, leur maintenance est devenue une charge de plus en plus lourde pour le comité régional des pêches. En vue d'optimiser le coût et la longévité des DCP, une expertise technico-économique a donc été réalisée en 1996 par l'Ifremer (Detolle *et al.*, 1996) avec la participation financière de l'Union européenne (FEDER), du conseil général et du conseil régional de la Réunion.

La méthodologie choisie s'est appuyée sur deux procédés d'analyse utilisés couramment en ingénierie : l'analyse fonctionnelle pour la

Figure 1
Les DCP de la Réunion
et leur répartition en 1996.



définition fonctionnelle du DCP et l'analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) pour la hiérarchisation des causes de perte.

L'objectif est, ici, de montrer au travers de l'exposé succinct de cette expertise ce que ce type de démarche peut apporter à l'optimisation de la conception des DCP et, d'une façon plus générale, à tout projet de développement technologique.

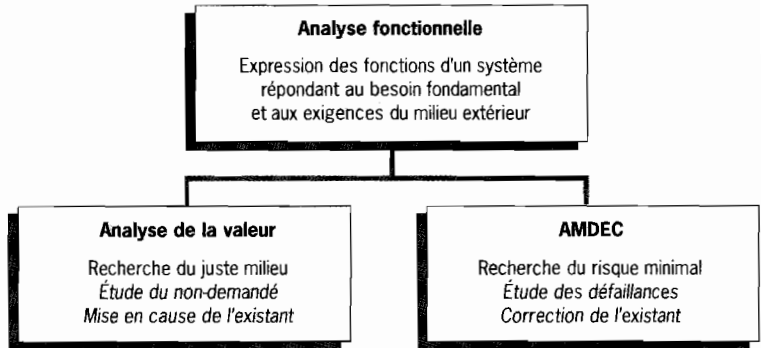
Les principales méthodes de conception et d'optimisation (fig. 2)

L'analyse de la valeur ou « engineering value » est pour l'essentiel une méthode qui s'appuie sur l'analyse des fonctions d'un système ou d'un produit pour en réduire les coûts, notamment en éliminant les redondances inutiles et en raccourcissant les procédés. Ces fonctions sont celles que doit assumer ce système ou ce produit pour satisfaire l'objectif pour lequel il a été conçu (fonction principale), mais aussi, pour répondre aux contraintes imposées par la conception et l'environnement (fonctions techniques et fonctions de contraintes) (Afnor, 1985, 1988).

Dans le cas d'un DCP, sa fonction principale est de favoriser la concentration de poissons, ses fonctions de contraintes sont de pouvoir être repéré, d'informer sur les concentrations alentour, de faciliter la capture mais aussi d'être résistant aux intempéries et aux usages. On peut constater que les réponses à ces fonctions de contraintes ont des coûts d'acquisition et de maintenance souvent plus élevés que pour la fonction principale.

Une contrainte incontournable pour tout système est la nécessité d'être fiable, sous des conditions d'utilisation courantes. En effet, les défaillances de fonctionnement induisent des frais de maintenance supplémentaires et génèrent des coûts indirects que doivent supporter les utilisateurs et les investisseurs.

Figure 2
Principales méthodes de
conception et d'optimisation.



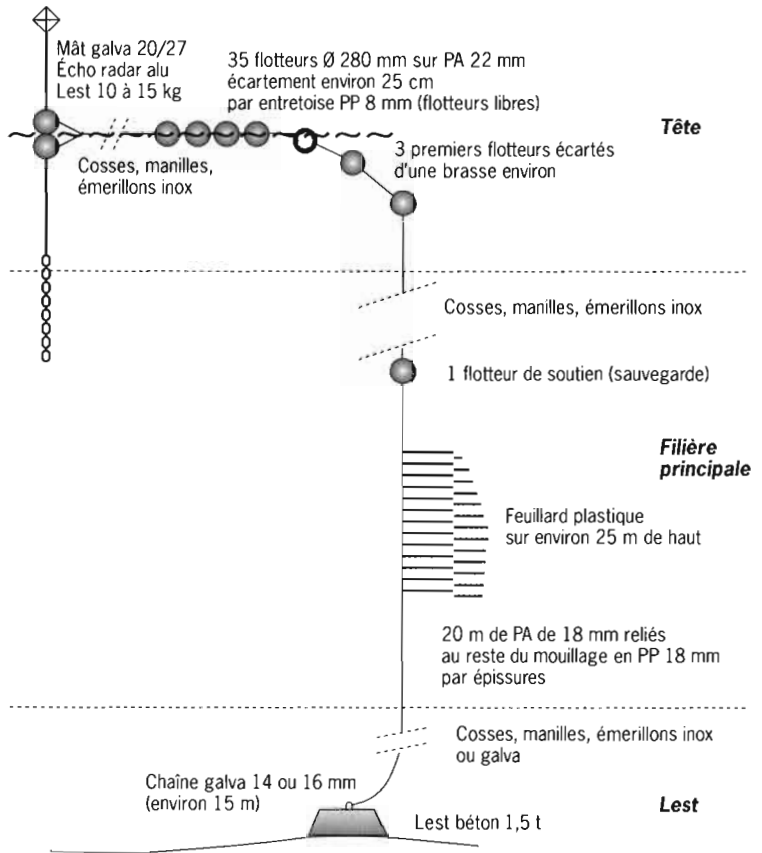
Développée à l'origine dans l'industrie aéronautique dans les années soixante, l'AMDEC est une méthode d'analyse préventive qui recense et met en évidence les risques potentiels liés à la technologie choisie. En associant des données factuelles, prévisionnelles et prospectives, elle facilite l'examen critique de la conception. La réalisation effectuée, elle s'enrichit des résultats des défaillances observées pour permettre de renforcer la fiabilité du système ou du produit dont on assure la maintenance (Chauvet, 1991 ; Garin, 1994).

Leur application au cas des DCP de la Réunion

Les DCP réunionnais (fig. 3) sont dérivés des dispositifs mauriciens, implantés en 1988 à la Réunion par l'Ifremer (Biais & Taquet, 1988). Ils sont composés d'un dispositif attractif formé d'une nappe de lanières synthétiques fixée le long de la partie supérieure de la ligne de mouillage. Celle-ci est constituée dans sa partie supérieure d'un premier cordage de 200 m en nylon et, dans sa partie inférieure, d'un second cordage en polypropylène dont la longueur est fonction de la profondeur d'ancrage. L'ensemble est fixé au fond par un lest en béton de 800 à 1 500 kg et maintenu en surface grâce à une série de flotteurs. Une perche d'acier enfilée dans des flotteurs et surmontée d'un réflecteur radar sert de dispositif de repérage et de signalisation.

Cette conception simple a permis d'obtenir des dispositifs peu coûteux et aisés à mettre en place à l'aide d'une embarcation de pêche côtière d'une dizaine de mètres. En 1996, 36 DCP étaient répartis tout autour de l'île de la Réunion, entre 4 et 17 milles, et ancrés entre 400 m et 1 900 m de profondeur.

Figure 3
Schéma d'un DCP
réunionnais.



La méthodologie d'analyse qui a été appliquée à l'étude du problème des causes de leur perte comprend plusieurs étapes allant d'une phase de définition des objectifs et de collecte des données à la proposition d'un ensemble d'actions prioritaires à conduire (fig. 4).

Préparation de l'étude

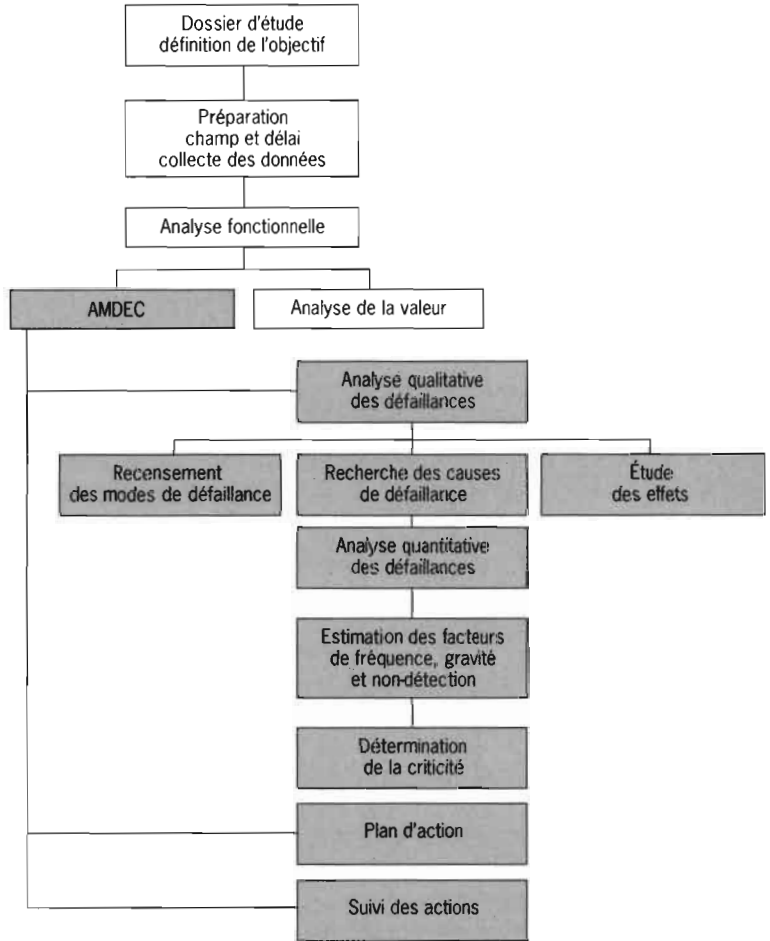
Définition de l'objectif

L'objectif défini par le comité régional des pêches de la Réunion était ici d'obtenir la structure la moins chère avec une durée de vie maximale pour un entretien réduit.

Groupe de travail

Celui-ci a été composé de pêcheurs professionnels responsables de la maintenance des DCP, d'un animateur chargé du suivi scientifique de leur exploitation et d'un technologiste des pêches pour les aspects méthodologiques.

Figure 4
Méthodologie d'analyse.



Recueil des données

Il s'agit de réunir les données historiques des différentes défaillances observées du système. Selon la définition de l'Agence française de normalisation (Afnor), la défaillance est la cessation d'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise, telle qu'après celle-ci, l'entité est en état de panne (Afnor, 1988). Les différents intervenants assurant la gestion du parc de DCP réunionnais avaient pris soin de relever depuis 1986 toutes les défaillances que ces dispositifs avaient subies depuis leur implantation.

Décomposition fonctionnelle du DCP

Cette étape consiste à identifier le rôle pour lequel chaque composant d'un DCP a été créé (fig. 5). Ces différents rôles répondent schématiquement au moins à trois fonctions :

- une fonction principale (Fp) d'attraction, chargée de favoriser la concentration de poissons;

- une fonction de contrainte incontournable de signalisation du dispositif;
- une fonction technique de mouillage du dispositif imposée par la nécessité de maintenir le DCP en un point fixe.

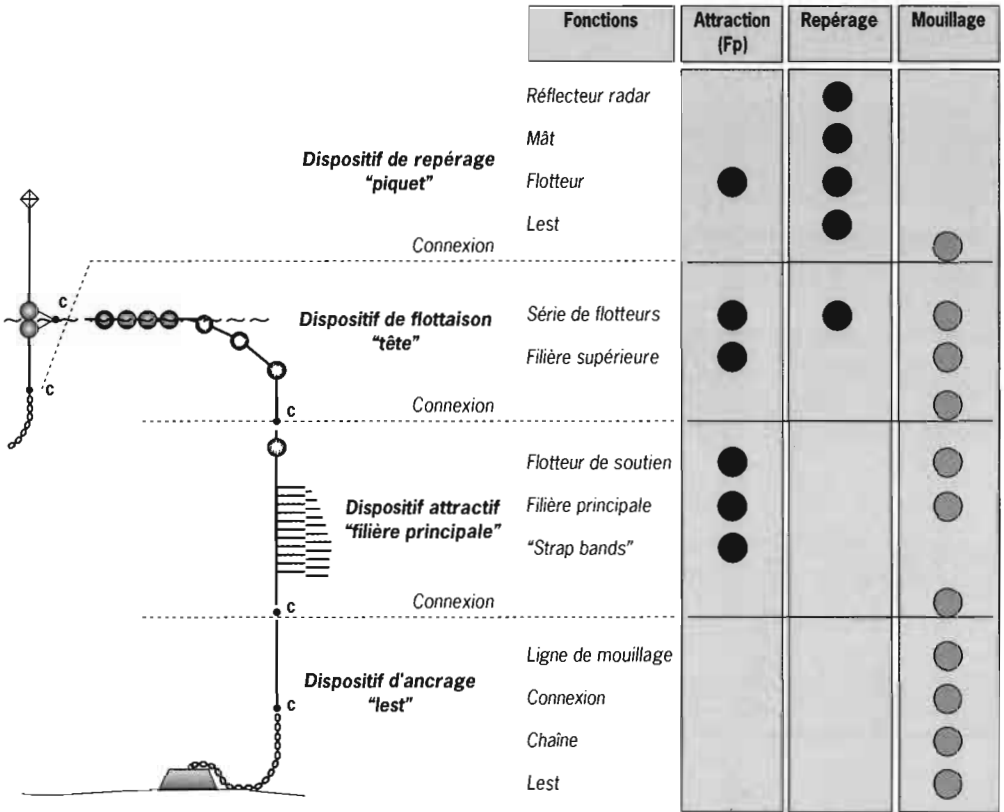


Figure 5
Décomposition fonctionnelle du DCP.

On remarque que chaque composant du DCP peut participer à l'exécution d'une ou plusieurs de ces fonctions. Leurs coûts d'acquisition et de maintenance forment pour l'essentiel le coût des fonctions. On peut ainsi remarquer que, si la série de flotteurs couvrait 33 % du coût total des DCP, la fonction de contrainte (assurer le mouillage) en représentait 62 % (fig. 6).

Analyse qualitative des défaillances

Recensement des modes de défaillance

Le mode de défaillance est le caractère perceptible ou observable de la défaillance ou, autrement dit, son symptôme. Cette étape de qualification consiste à recenser par fonction tous les modes de défaillance plausibles (usure, rupture, sectionnement, bridage...).

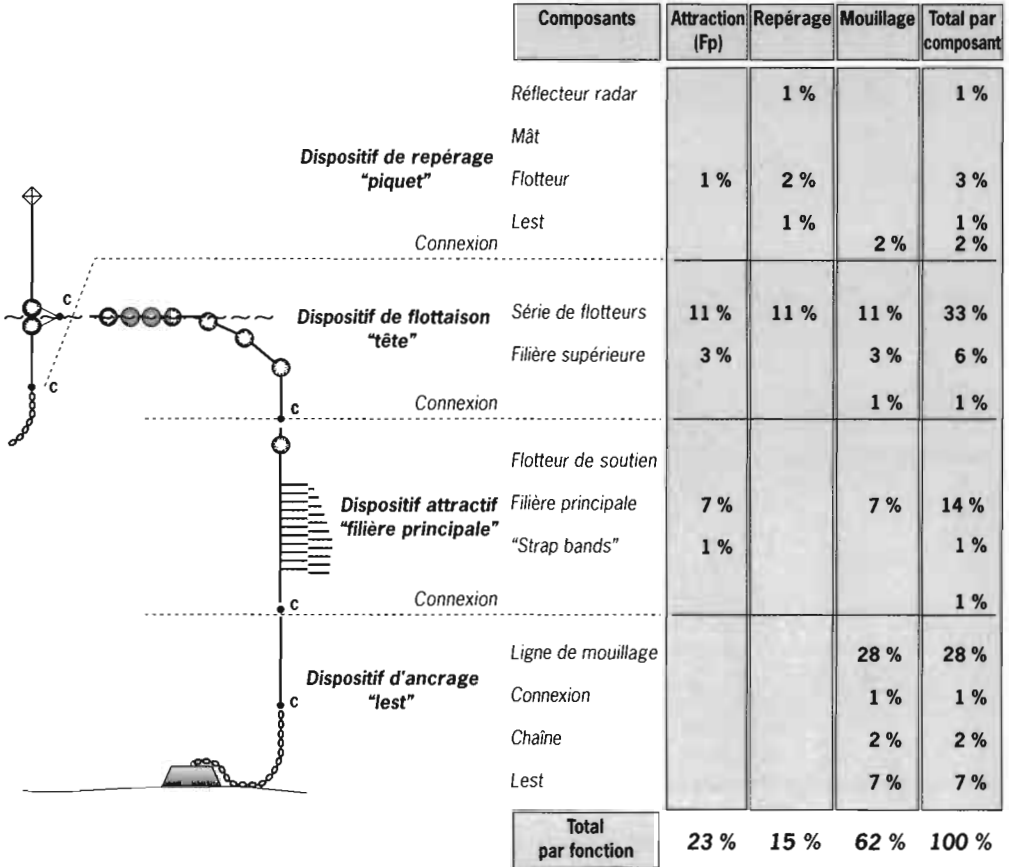


Figure 6 Répartition des coûts entre fonctions et composants.

Recherche des causes de défaillance

Les défaillances qui affectent les DCP ont des causes soit extrinsèques, liées au milieu environnant, telles que la houle ou le trafic maritime, soit intrinsèques, c'est-à-dire liées au dysfonctionnement ou à la détérioration des composants. Il n'est pas nécessaire d'obtenir un inventaire exhaustif pour déterminer les plus importantes d'entre elles.

Étude des effets

Chaque défaillance d'un composant provoque un effet sur les fonctions auxquelles il est censé participer. Par exemple, toute dégradation du système de signalisation (« piquet ») affecte la fonction de repérage; de même, la destruction de la « tête » ou des « lanières synthétiques » aura pour effet la non-satisfaction de la fonction principale de concentration du DCP. Il est évident que les notions de mode, cause et effet peuvent se confondre selon leur niveau d'application dans la succession des événements.

Tableau 1 - Inventaire des principaux modes, causes et effets des défaillances.

Composants	Modes	Causes	Effets
Mât de signalisation	Rupture	Tempête	Sur fonction de repérage
Flotteurs	Éclairement Écrasement	Immersion Cargos	Diminution de la flottabilité, sur fonction de mouillage
Cordages	Coque Usure Sectionnement	Tension, torsion Fouling Pêche	Immersion, sur fonction de repérage
Connexions Manilles Épissures	Rupture, Abrasion	Perte des éléments	Perte des fonctions
Lest	Dérapiage	Poids Fond Cargos	Déplacement Immersion Perte du DCP

Analyse quantitative des défaillances

Les défaillances d'un système se qualifient par leur **fréquence d'apparition**, la **gravité** de leurs conséquences sur le fonctionnement du système et les risques de ne pas les détecter avant qu'elles se produisent (**non-détection**). Pour évaluer les risques de défaillance, la méthode consiste à définir pour ces facteurs des critères de quantification, selon une grille de cotation - ici de 4 niveaux (tab. 2) - puis, à attribuer une note à chacun de ces critères. Le produit de ces notes détermine un degré critique de risque (**criticité**) pour chaque mode de défaillance. Plus cet indice est élevé, plus le risque lié aux défaillances potentielles est important.

Tableau 2 - Grille de notation AMDEC.

Note	Fréquence inférieure à	Gravité	Non-détection
1	1 défaillance par an	Mineure	Signe avant-coureur visible permettant une action préventive
2	1 défaillance par semestre	Moyenne	Signe avant-coureur moyennement détectable
3	1 défaillance par trimestre	Critique	Signe avant-coureur peu détectable
4	1 défaillance par mois	Catastrophique	Aucun signe avant-coureur détectable

La **fréquence d'apparition** est le facteur le plus aisé à évaluer surtout quand on dispose, comme pour les DCP réunionnais, d'un recueil des données historiques des défaillances. Elle dépend de la probabilité que la cause de défaillance survienne et de la probabilité que la défaillance se produise lorsque la cause est présente.

La **gravité** est évaluée à partir de l'importance des coûts induits par la défaillance.

Le **risque de non-détection** est d'autant plus important que, la cause et le mode n'ayant pas été détectés, la défaillance risque d'intervenir. Dans le cas d'un DCP, ce facteur est forcément croissant avec la profondeur : la possibilité de détecter un quelconque risque de rupture à 1 000 m étant nulle à ce jour.

Plan d'actions préventives et correctives

La hiérarchisation des indices de **criticité** permet d'établir des priorités d'actions préventives ou correctives, destinées à supprimer les causes de défaillance ou à les éviter. Dans le cas présent, il apparaît ainsi que ce sont la filière principale et le lest qui méritent le plus d'attention avec des indices de criticité supérieurs à 30 (tab. 3).

Tableau 3 - Hiérarchisation des risques de défaillance.

Composants	Modes	Fréquence	Gravité	Non-détection	Criticité
Filière principale	Sectionnement	3	4	3	36
Lest	Dérapiage	2	4	4	32
Flotteurs	Écrasement	3	4	2	24
Filière supérieure	Usure	4	4	1	16
Réflecteur radar	Destruction	4	3	1	12
Connexion lest-filière	Rupture	1	3	4	12
Mât	Destruction	3	3	1	9

Les solutions proposées peuvent être immédiates ou différées et choisies de façon telle qu'elles doivent réduire l'un ou plusieurs des facteurs de criticité (tab. 4).

Tableau 4 - Principales solutions d'amélioration.

Composants	Modes	Solutions immédiates	Recherches
Filière principale	Sectionnement	Gaine de protection, chaîne dispositif de sauvegarde	
Lest	Dérapiage	Lest plus lourd	Autres formes plus légères
Flotteurs	Écrasement	Flotteurs résistant à la profondeur et aux chocs	Hydrodynamique de la filière DCP immergés
Filière supérieure	Usure	Cordage anti-coque	
Réflecteur radar	Destruction	Remplacement (maintenance)	Autres systèmes de repérage
Connexion lest-filière	Rupture	Connecteurs adaptés	
Mât	Destruction		Autres systèmes de repérage

Pour réduire la **fréquence** et la **gravité**, les solutions d'amélioration immédiates ne peuvent être trouvées que dans le remplacement des composants défectueux par des produits plus performants utilisés pour d'autres technologies ou, à défaut, par le même produit. Ainsi, pour la filière principale, les solutions immédiates doivent viser à réduire la fréquence des ruptures, notamment en protégeant la zone de sectionnement par des gaines de protection de la chaîne. Le facteur de gravité pourra quant à lui être diminué par la mise en place d'une ligne de sauvegarde. Pour diminuer la fréquence des risques de dérapage du dispositif de mouillage, l'augmentation du poids du lest est une solution immédiate simple.

Pour le facteur de **non-détection**, il s'agit de prévenir l'apparition de la cause ou détecter la défaillance au moyen de dispositifs de détection à choisir de préférence dans la technologie existante (caméra, tensiomètre). En l'absence de signe avant-coureur de défaillance facilement repérable, le remplacement régulier des parties usagées est un moyen efficace de prévention. Le changement annuel de la partie supérieure (« tête ») des DCP réunionnais a réduit considérablement le nombre de leurs pertes.

Tous les modes de défaillance n'ont pas nécessairement de solutions immédiates et il est parfois indispensable de rechercher à mieux définir les causes sur un plan technique et de développer en parallèle des actions de recherche sur les priorités identifiées (amélioration du comportement hydrodynamique, de la résistance des matériaux à la pression).

Toutes ces solutions ont des coûts dont la hiérarchisation peut venir utilement compléter l'analyse des causes de défaillances pour contribuer à l'établissement des priorités d'actions.

Suivi des actions

L'observation montre que la fiabilité d'un système n'est souvent obtenue que par les corrections successives des composants critiques jusqu'à l'obtention d'un niveau de risque acceptable. En effet, l'analyse AMDEC optimise l'expérience mais ne la remplace pas et il est souvent nécessaire de la réactualiser en cours d'action. Ceci n'est possible que par la mise en place d'un suivi des actions d'optimisation et de maintenance des DCP. Ce suivi impose, comme au sein du comité régional des pêches de la Réunion, l'existence d'une structure technique disposant de moyens propres et chargée non seulement d'assurer la maintenance du parc de DCP mais aussi d'apporter une démarche conceptuelle dynamique sur son évolution.

Conclusion

En recensant les risques potentiels de pertes des DCP et en les évaluant, l'analyse technico-économique menée par l'Ifremer en 1996 a permis d'établir un ensemble de propositions d'amélioration. La mise en œuvre des principales d'entre elles et leur suivi, effectués par l'équipe de maintenance du comité régional des pêches, ont permis de diminuer les coûts d'entretien et de rénovation du parc de DCP, de 6 % pour un changement de « piquet », de 21 % pour un changement de la « tête » et de 9 % pour le remplacement d'un DCP. Cette application de l'AMDEC illustre tout ce que ce type de méthode peut apporter à la prévention des risques à partir de la connaissance de l'existant et, d'une façon générale, à l'évaluation des conséquences de l'impact de toute technologie sur un environnement quelconque. C'est pour cette raison qu'elle s'intègre parfaitement dans l'esprit de l'approche de précaution.

Elle est néanmoins limitée à l'examen critique de l'existant. Dans le cas des DCP réunionnais, les progrès risquent d'être rapidement freinés par les coûts des possibilités d'amélioration qui seront identifiées au fur et à mesure. Il sera donc à ce moment opportun de procéder à une remise en question plus profonde de leur conception et faire appel à d'autres applications de l'analyse fonctionnelle, comme l'analyse de la valeur, pour la recherche de solutions plus novatrices.

Références bibliographiques

- Afnor, 1985. Analyse de la valeur : normalisation française, X50-152, 10 p.
- Afnor, 1988. Terminologie relative à la fiabilité, maintenabilité, disponibilité : normalisation française, X60-500, 42 p.
- Biais G., Taquet M., 1988. Projet d'implantation de DCP autour de la Réunion. Convention Ifremer/Région Réunion n° DAE 1/8/22, Rapp. Intern. Ifremer Réunion, 34 p.
- Chauvet A., 1991. Les principales méthodes de conception et d'optimisation. Doc. SPACE, Aix-en-Provence, 24 p.
- Detolle J.-P., Tessier E., Sacchi J., 1996. Étude en vue d'optimiser le coût et la longévité des dispositifs de concentration de poissons de l'île de la Réunion. Approche technico-économique. Rapp. Intern. Ifremer Réunion, Drv/rh 96/14, 73 p.
- Garin H., 1994. L'essentiel de la méthode. À Savoir, Sér. Qualité, Afnor, 40 p.

Technologie et utilisation des DCP ancrés dans les eaux de la collectivité territoriale de Mayotte (archipel des Comores, canal du Mozambique, océan Indien)

Bertrand Wendling, Sébastien Le Calvé

Direction de l'agriculture et de la forêt, Service des pêches et de l'environnement marin, collectivité territoriale de Mayotte, BP 103, 97600 Mamoudzou, Mayotte
daf.spem.mayotte@wanadoo.fr

Abstract

The volcanic island of Mayotte (374 km²) is part of the Comoro Archipelago which is situated on the North of the Mozambique Channel (Indian Ocean). That French Territorial Collectivity is characterized by sharp increasing population (growth rate: 5.8%), which is the basis of the development issue. Most of the local halieutic yield depends on reefs (about 2 000 t in 1999). The "palangrotte" technique (one line, one hook) is the most common. The fishing fleet is composed of monoxyl pirogues and polyester fishing boats for the 1 500 fishermen. The first FADs (Fish Aggregating Devices) were moored in 1989. Now, five FADs are in the lagoon and eleven are in outer waters. Assessing the economic impact of FADs in Mayotte is difficult, they seem to be poorly used because of several local constraints: fear for offshore fishing, little interest in tuna species, lack of education. Nevertheless, considering the demographic rise and the decrease of reef resources, a programme for fishing development based on FADs has been initiated in 1998. The objectives are: conception of a new FAD prototype, launching of experimental fishing programme with vertical drift "longline", education for local fishermen. Despite data have not been analysed yet, the first results are promising, and they validate the technical improvement of the new prototype.

Introduction

La pêche mahoraise reste à ce jour une activité artisanale pratiquée par environ 2 280 personnes, dont 35 % de femmes (Collectivité territoriale de Mayotte, 1994; Wendling & Le Calvé, 2000). Il s'agit d'une pêche pratiquée traditionnellement dans les eaux du lagon et autour de la barrière récifale.

Depuis plusieurs années, le secteur de la pêche bénéficie du soutien scientifique et technique d'organismes de recherche et de transfert de technologie. Ces organismes collaborent avec les services en place sur l'île pour la mise en œuvre du suivi et du développement des pêcheries.

Les données actuellement disponibles, qu'elles soient économiques ou biologiques, permettent d'affirmer qu'un développement intensif du secteur de la pêche ne peut se faire qu'à l'extérieur du lagon (Thébaud, 1996). C'est pourquoi, parmi les différentes tentatives menées jusqu'à ce jour pour diversifier les ressources exploitées, la mise en place des dispositifs de concentration de poissons tient une place importante dans l'économie du développement de la pêche à Mayotte (Minet & Taquet, 1993 ; Maggiorani, 1991).

Présentation générale de l'île

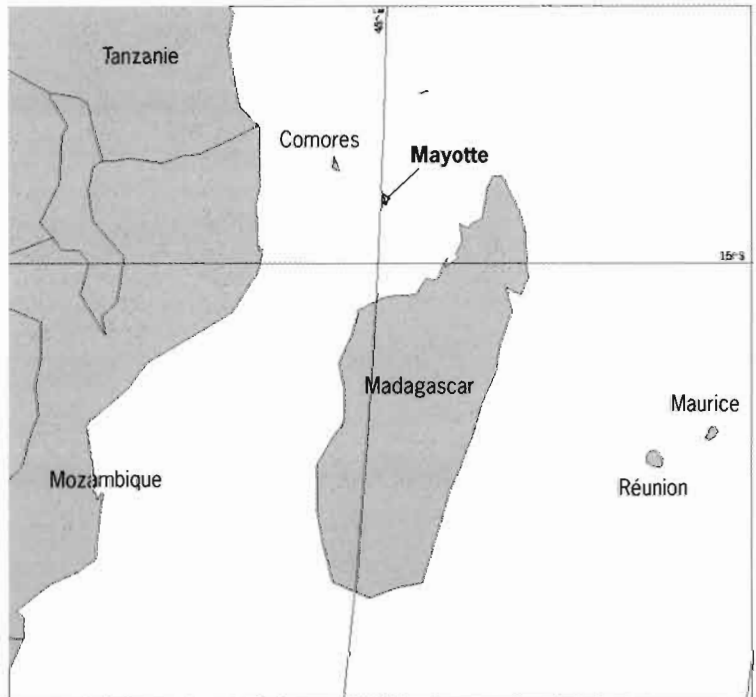
Situation géographique

L'île volcanique de Mayotte (fig. 1), située à l'extrémité nord du canal du Mozambique (océan Indien) entre Madagascar et l'Afrique de l'Est, fait partie de l'archipel des Comores constitué de quatre îles (les trois autres étant : Grande Comore, Mohéli, Anjouan). Mayotte est la plus ancienne (environ 8 millions d'années) et son relief culmine à 660 m (mont Benhara).

Mayotte se trouve à 8 000 km de la métropole, à 1 500 km de la Réunion et respectivement à 400 et 376 km des côtes de l'Afrique et de Madagascar. D'une superficie de 374 km², Mayotte comprend deux îles principales : Petite Terre et Grande Terre, et une trentaine d'îlots répartis dans le lagon.

L'une des principales caractéristiques de Mayotte réside dans sa barrière corallienne qui délimite un très large lagon (environ 1 500 km²) ouvert sur l'extérieur par de nombreuses passes.

Figure 1
Situation de Mayotte au sein
du canal du Mozambique.



Le climat est de type tropical humide et présente deux saisons principales : l'été et l'hiver australs.

Situation démographique et économique

Au dernier recensement de 1998 (Insee, 1998), Mayotte comptait 131 320 habitants, soit une augmentation de 400 % en trente ans. Une natalité élevée et une immigration clandestine en sont les causes principales. L'évolution annuelle de la population à Mayotte en 1998 est de 5,7 pour cent. L'indice de fécondité s'élève à cinq enfants par femme et 56 % de la population ont moins de 20 ans.

Cet essor démographique important amplifie toutes les évolutions et, en 50 ans, le paysage économique et social de Mayotte a été bouleversé. Ainsi, la population agricole a fortement diminué et ne représente plus que 12 % des ménages en 1997 contre 50 % en 1950. Parallèlement, les professions intermédiaires ont augmenté de 6 à 20 % en vingt ans.

En même temps, les conditions de vie, l'équipement des ménages, le développement des commerces et des logements ont considérablement progressé. Le revenu moyen des ménages mahorais s'élève à 2 700 FF/mois (412 euros) en zone urbaine en 1995 (salaire minimum 2 506 FF en 1997, soit 382 euros) contre 9 000 FF (1 372 euros) à la Réunion et 12 500 FF (1 905 euros) en métropole.

L'analyse des données économiques montre la profonde dépendance de Mayotte vis-à-vis de l'extérieur, les besoins étant couverts à hauteur de 2,5 pour cent. Les recettes de la Collectivité proviennent à 50 % de subventions.

Le premier employeur reste la Collectivité et le principal fournisseur d'emploi privé est celui du bâtiment. Il faut noter l'importance de l'organisation économique locale fondée sur la pluriactivité généralisée alternant activités du secteur primaire (pêche, agriculture, élevage, sylviculture) et activités du secteur secondaire ou tertiaire.

Le tourisme est encore très faible (9 500 visiteurs en 1997). Il est avant tout familial même si les croisiéristes représentent un volume croissant depuis deux à trois ans.

Le secteur de la pêche et ses contraintes

Zones et techniques de pêche

L'essentiel de la production halieutique locale provient du milieu récifal (Biais *et al.*, 1987 ; Wendling & Le Calvé, 2000). Le lagon et le récif barrière sont les principales zones exploitées. La pêche à la ligne de fond (palangrotte) reste la technique dominante ; en 1999, elle est utilisée par 58 % des pêcheurs (90 % pour les hommes et 2 % pour les femmes). Cette pêche s'effectue majoritairement de nuit à la lueur d'une lampe à pétrole (« pétromax »).

La traîne est surtout pratiquée en faisant route sur les sites de pêche, mais également sur les bancs de poissons pélagiques repérés grâce aux oiseaux ; en 1998, elle assure 18 % des captures. En 1999, 56 % des hommes pêcheurs déclarent pêcher dans le lagon et 100 % des femmes.

D'autres techniques sont utilisées dans le lagon : filets calés¹ pour moins de 15 % des hommes (maillant et trémail), djarifa (Dahalani, 1997) pour près de 90 % des femmes (djarifa, ou piégeage d'alevins par les femmes dans des draps en coton à marée basse), pêche par empoisonnement (l'uruva, plante sécrétant de la roténone utilisée pour asphyxier les petits poissons prisonniers du récif), pêche à pied sur le platier à marée basse et pêche au fusil harpon (Blanchy-Daurel, 1990 ; Chaboud, 1995 ; Collectivité territoriale de Mayotte, 1994 ; Maggiorani & Maggiorani, 1992).

Flottille

La flottille de pêche (1 727 unités en 1999) est composée en majorité de pirogues monoxyles à un balancier de 3 à 12 m de long. Les derniers résultats de l'enquête halieutique (Wendling & Le Calvé, 2000), menée par le Service des pêches et de l'environnement marin en 1999, montrent que les petites pirogues dont la taille est inférieure à 3 m représentent 24 % de la flottille alors que les moyennes pirogues dont la taille est comprise entre 3 et 6 m sont majoritaires avec 56 pour cent. Ces pirogues sont propulsées à la rame ou au moteur.

Ainsi, deux pour cent des petites pirogues sont propulsés par un moteur de moins de 10 chevaux et 98 % des grandes pirogues sont équipés de moteurs de puissance inférieure ou égale à 15 chevaux.

Depuis le milieu des années quatre-vingt, l'apparition d'embarcations en polyester de 5 à 8 m, appelées localement « barques », a profondément modifié la structure de la flottille (fig. 2). Ceci a eu comme conséquence une rapide augmentation de l'effort de pêche et une extension des zones de pêche. En 1999, les barques représentent 13 % de la flottille de pêche artisanale mahoraise. Plus de 97 % de ces barques sont motorisés.

Population de pêcheurs

Dans les différentes enquêtes menées sur le secteur de la pêche mahoraise depuis 1989, sont considérés comme pêcheurs ceux qui sont reconnus comme tel par l'autorité villageoise, hommes et femmes confondus. L'effectif ainsi recensé serait passé de 1 600 en 1989, 2 800 en 1992, 3 600 en 1995 à 2 279² en 1999, dont 35 % de femmes (fig. 2).

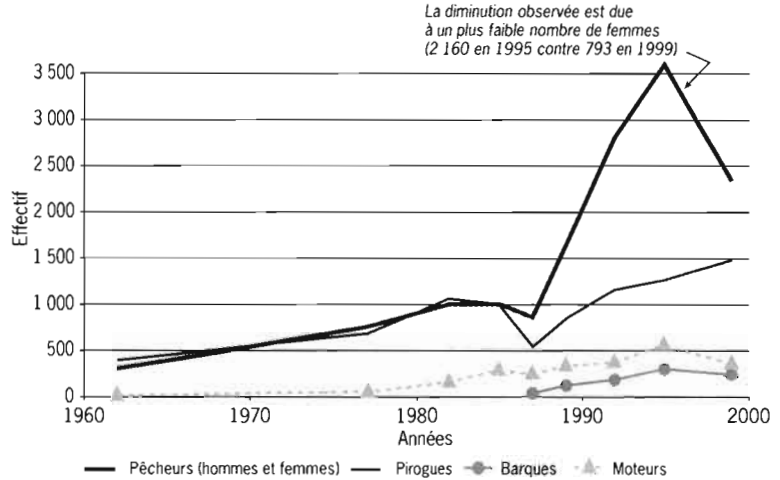
Les données récentes collectées en 1999 confirment que la pêche est couramment pratiquée en complément d'autres activités ; 79 % des personnes interrogées conjuguent leur temps de pêche avec des activités d'élevage et d'agriculture et 20 % ont des activités salariées.

La population de pêcheurs est répartie tout autour de l'île, cette répartition reste très atomisée et seul un village, Sada, se différencie par le nombre important de pêcheurs et d'embarcations puisqu'il représente à lui seul 6 % du nombre total de pêcheurs.

1. Technique utilisée par les hommes uniquement.

2. Diminution importante, ne concernant que les femmes pratiquant la pêche à pied.

Figure 2
Évolution du nombre de pêcheurs, des embarcations et des moteurs entre 1962 et 1999 (Biais *et al.*, 1987; Jacquemart, 1980; Le Gall, 1986; Maggiorani *et al.*, 1995; Maggiorani & Tessier, 1995; Moal, 1962; Palladin, 1983).



Production artisanale

Les augmentations continues de la population de pêcheurs et de la flottille depuis les années soixante ne se sont traduites par une augmentation de la production qu'à partir des années quatre-vingt avec le développement de la motorisation et l'apparition des barques en polyester. Elle est ainsi restée d'environ 750 t entre 1962 et 1980 puis a atteint 1 700 t en 1989.

Malgré le nombre croissant de pêcheurs, la production semble actuellement constante et proche de 2 000 tonnes³. La principale explication de ce phénomène⁴ est une diminution des rendements.

Cette réduction serait la conséquence de plusieurs paramètres : augmentation de l'effort de pêche, utilisation de pratiques de pêches destructrices : captures d'alevins au djarifa, pêche au poison, utilisation non réglementaire des filets (Dahalani, 1997), et destruction de l'environnement récifal : érosion, envasement, phénomène de blanchissement (Boise, 1997; Dambreville *et al.*, 1995; Degiovanni *et al.*, 1995; Descamp *et al.*, 1998).

Historique des programmes DCP

Objectifs initiaux et revus

Contrairement aux autres îles des Comores où la pêche sur DCP remonte à 1956, à Mayotte les premiers DCP furent installés en 1989 par le Service des pêches et de l'environnement marin au large de Petite Terre (Maggiorani, 1991).

À cette époque, les objectifs principaux étaient de diversifier les techniques utilisées, de permettre d'accroître la rentabilité des nouvelles embarcations motorisées importées sur l'île (barque polyester) en rendant moins aléatoires les captures de grands pélagiques.

3. Estimation de production 1999, obtenue à partir des enquêtes halieutiques en cours de traitement par la DAF/Service des pêches et de l'environnement marin pour les six premiers mois de l'année.

4. Analyse des données des CPUE depuis cinq ans en cours de réalisation au service des pêches et de l'environnement marin.

Les premières réalisations

Les deux premiers DCP qui furent installés en 1989 au large de Petite Terre et de la passe de Bandrélé étaient confectionnés suivant le modèle des DCP mauriciens. Cette conception n'étant pas adaptée aux eaux mahoraises, ces premiers DCP disparurent au bout de 6 à 8 mois.

Plusieurs adaptations furent alors réalisées et, en 1991 (Maggiorani, 1991), cinq nouveaux DCP furent installés autour de l'île de Mayotte : deux sur la côte est et trois sur la côte ouest, DCP conçus sur les modèles mauriciens et réunionnais.

La partie flottante était constituée d'un fût de 250 l en plastique rempli de mousse, traversé en son centre d'une perche en acier galvanisé servant de point d'accroche à une chaîne plombante et d'un réflecteur radar. À ce fût, était amarrée une série de 30 flotteurs de haute résistance (« boules à chalut », flottabilité 2,8 kg).

La partie immergée et attractive du DCP était constituée d'un feillard fabriqué à l'aide de gaine plastique montée sur un orin en polyamide 18 millimètres. L'amarre était composée d'un orin de 200 m en polyamide 18 mm, suivi d'un filin de polypropylène 18 mm dont la longueur est déterminée en fonction de la profondeur. Le tout était ancré au fond à l'aide de 4 à 9 corps-morts de 100 kg chacun.

Les phases de développement

À partir de 1991, une convention d'application signée entre l'Ifremer et la Collectivité territoriale de Mayotte a permis de dresser le bilan et les perspectives du développement du secteur de la pêche à Mayotte (Minet & Taquet, 1993). Dans cette étude, le rôle important des ressources halieutiques hors lagon avait été mis en avant comme ressources en protéines pour l'autosuffisance alimentaire d'une population en très forte croissance. C'est ainsi, qu'en 1992, un programme de pose de DCP a été initié avec l'aide de l'Ifremer sur les bases de l'expérience réunionnaise.

Deux objectifs avaient été fixés : l'exploitation de gros pélagiques (*Thunnus albacares* « thon albacore », *Thunnus alalunga* « thon blanc », *Thunnus obesus* « thon obèse », *Coryphaena hippurus* « dorade coryphène », *Makaira mazara* « marlin bleu », *Makaira indica* « marlin noir », *Katsuwonus pelamis* « bonite », *Carcharbinus longimanus* « requin océanique », *Carcharbinus falciformis* « requin soyeux ») autour de DCP situés hors lagon et l'exploitation de petits pélagiques (*Selar crumenophthalmus*, « selar coulisou », *Rastrelliger kanagurta* « maquereau des Indes ») pouvant être utilisés comme appâts vivants autour de DCP situés dans le lagon.

Le transfert de technologie de la Réunion à Mayotte a nécessité une adaptation des DCP aux conditions rencontrées sur place. Néanmoins, les DCP « mi-lourds » en place à l'époque à la Réunion ont servi de base pour la constitution des DCP mahorais. Deux types de DCP ont alors été mis en place : des DCP « légers » dans le lagon et des DCP « mi-lourds » au large.

Pour les DCP « **mi-lourds** », le réflecteur radar était fixé au bout d'une perche de signalisation en acier galvanisé de diamètre (intérieur 21 mm

et extérieur 27 mm) sur laquelle étaient enfilés trois flotteurs de chalut de 280 mm de diamètre, le tout étant plombé par 1,70 m de chaîne de réemploi de 14 millimètres. La perche était ensuite accrochée à une filière constituée de 35 flotteurs de 280 mm montés sur un câble d'acier graissé de 10 millimètres. À l'extrémité de cette filière était disposé le matériel attractif obtenu avec des feuillards en plastique disposés en rideau sur 20 m et entrelacés dans le cordage en polyamide de 22 millimètres. L'amarre était composée d'un orin d'environ 200 m de polyamide 22 mm, suivi d'un filin de polypropylène 18 mm dont la longueur était déterminée en fonction de la profondeur. Le tout était ancré à l'aide de six corps-morts de 100 kg chacun.

Pour les DCP « légers », le réflecteur radar était fixé au bout d'une perche de signalisation en acier galvanisé de diamètre 21-27 mm sur laquelle étaient enfilés trois flotteurs de 90 mm, le tout étant plombé par 1,70 m de chaîne de réemploi 14 millimètres. La perche était ensuite accrochée à une filière de 35 flotteurs de 90 mm montée sur un câble acier graissé de 10 millimètres. À l'extrémité de cette filière était disposé le matériel attractif obtenu avec des feuillards en plastique disposés en rideau sur une longueur de 20 m et entrelacés dans un cordage en polyamide 12 millimètres. L'amarre était composée d'un orin de 200 m de polyamide 12 mm, suivi d'un filin de polypropylène 16 mm dont la longueur était déterminée en fonction de la profondeur. Le tout était ancré au fond à l'aide de quatre corps-morts de 100 kg chacun.

Programme DCP 1998

Comme suite à ces installations, le Service des pêches et de l'environnement marin a effectué une opération de formation aux techniques de pêche sur DCP à l'attention des pêcheurs mahorais⁵. Ces techniques, essentiellement la ligne de traîne, la ligne en dérive et la palangre verticale, sont en effet peu utilisées à Mayotte.

À partir de 1992, la DAF/Service des pêches et de l'environnement marin a posé d'autres DCP pour pallier les pertes occasionnées par l'usure des matériels. Plusieurs modifications ont alors été apportées afin d'augmenter la durée de vie des installations. La filière de boule constituée d'un câble graissé a été remplacée par un cordage en polyamide 22 millimètres.

En 1998, une relance du programme DCP est organisée par la DAF/Service des pêches et de l'environnement marin dans le cadre du XI^e contrat de plan. Cette initiative, fondée sur des principes identiques à ceux exprimés dès 1989, s'appuie néanmoins sur de nouvelles observations du secteur de la pêche à Mayotte :

- diminution des rendements obtenus dans les eaux du lagon incitant les pêcheurs à rechercher de nouveaux sites de pêches plus éloignés et plus dangereux⁶;

5. Intervention de deux pêcheurs réunionnais à Mayotte.

6. Depuis environ cinq ans, plusieurs barques en polyester de 6 à 7 m pêchent sur les bancs du Geysier et de la Zélée situés à 70 milles nautiques de l'île. Réglementairement, ces embarcations, classées en 4^e catégorie professionnelle, ne sont pas autorisées à pêcher sur ces bancs.

- augmentation très importante de la population et des besoins alimentaires⁷ ;
- augmentation du risque ciguatérique suite à l'important phénomène de blanchissement corallien observé en avril 1998 (Turquet *et al.*, 1999). Pour ce faire, plusieurs réunions de sensibilisation et de formation ont été effectuées auprès des pêcheurs, de leurs représentants et des organismes administratifs en charge du développement de la pêche. Ces réunions donnèrent lieu à un programme de pose de 9 nouveaux DCP autour de l'île en 1998 et 1999. En raison des contraintes locales, liées à la structure et à l'équipement de la flottille, les DCP ont été posés dans la zone des 5 milles à l'extérieur du lagon⁸, sur des fonds de 700 m à 1 800 mètres.

Parallèlement, trois actions complémentaires ont été initiées :

- réalisation d'un nouveau prototype de DCP plus résistant et fabriqué localement ;
- lancement d'un programme de pêches expérimentales à la palangre dérivante verticale ;
- formation auprès des pêcheurs pour développer et valoriser ce type de pêche.

Nouveau prototype de DCP

Pour faire face aux nombreuses pertes observées jusqu'en 1997⁹, une technologie différente a été envisagée par le Service des pêches et de l'environnement marin. Cette technologie devait répondre aux exigences suivantes :

- très bonne résistance aux contraintes mécaniques pour augmenter la durée de vie des installations ;
- coût réduit ;
- facilité de réalisation, de pose et de maintenance ;
- forte flottabilité afin d'éviter les phénomènes d'immersions momentanées qui détériorent la structure flottante du dispositif (disparition du DCP sous l'eau en raison des forts courants observés sur zone) ;
- réduction au maximum des tentatives d'amarrage sauvage au DCP par les embarcations qui fragilisent la tête du DCP.

Caractéristiques techniques

Le choix s'est porté sur la modification de la tête du DCP (tab. 1), la filière de flotteurs a été remplacée par une structure unique en polyester de forme ovoïde.

7. Taux de croissance de 5,7 % en 1997, soit dix fois supérieur à celui observé en France métropolitaine, phénomène dû à une forte natalité et une importante immigration clandestine des îles voisines.

8. Limites officielles du lagon définies par décret ministériel n° 77-1067 du 12/09/77 : définition des lignes de bases droites.

9. Durée de vie moyenne des DCP avant 1998 : deux ans.

Tableau 1 - Caractéristiques générales de la structure flottante du DCP « soucoupe », comparaison au DCP utilisé antérieurement « mi-lourd ».

	DCP	DCP
	« mi-lourd »	« soucoupe »
Flottabilité	0,3 m ³ ± 0,05	0,9 m ³ ± 0,1
Poids	180 kg ± 5	90 kg ± 10
Diamètre	-	2 m ± 0,05
Épaisseur centrale	0,25 m ± 0,01	0,6 ± 0,05
Longueur	30 m ± 0,5	-

Réalisation

La conception et la fabrication de la partie flottante ont été réalisées localement à l'aide de fibre de verre (« Mat » et « Roving ») et de résine polyester isophthalique. Deux couvercles identiques sont confectionnés en fibre à l'aide d'un moule, puis les deux parties sont réunies et soudées (fig. 3).

La soucoupe ainsi réalisée est remplie à l'aide d'un matériel expansif (mousse polyuréthane bicomposant), afin d'assurer sa flottabilité même en cas de choc violent avec une embarcation. Le centre de la soucoupe est percé d'un trou circulaire de 33 mm de diamètre qui servira à placer le système d'amarrage et le réflecteur radar.

Un liston de protection est enfin posé au-dessus du joint de soudure pour protéger la soucoupe de nombreux accostages pratiqués par les embarcations. L'étanchéité extérieure est assurée à l'aide d'un « gel-coat » isophthalique.

La perche de signalisation est constituée d'un tube creux (tube en acier galvanisé de diamètre intérieur 21 mm et extérieur 27 mm) de 2 m de hauteur équipé dans sa partie supérieure d'un réflecteur radar (tôle en acier galvanisé de 1,5 mm d'épaisseur). Cette perche s'insère dans un tube de diamètre supérieur (tube en acier galvanisé 27-33 mm) appelé « cylindre interne » dont la longueur est légèrement supérieure à l'épaisseur de la soucoupe.

Sur la partie inférieure du cylindre interne, une manille est soudée pour permettre l'amarrage du DCP. Sur l'autre extrémité du cylindre, des trous de 10 mm sont percés afin d'y glisser la visserie nécessaire au maintien du dispositif au centre de la soucoupe.

Pour ne pas abîmer la structure en polyester, plusieurs rondelles en caoutchouc de deux centimètres d'épaisseur sont placées entre la soucoupe et des plaques d'acier utilisées pour bloquer le cylindre interne. Le tout constitue un ensemble solidaire permettant d'amarrer le cordage relié aux corps-morts.

Analyse des coûts de fabrication

Limitant les coûts d'importation et les frais douaniers, la réalisation du DCP localement permet de réaliser une économie d'environ 1 800 FF (274 euros) par dispositif.

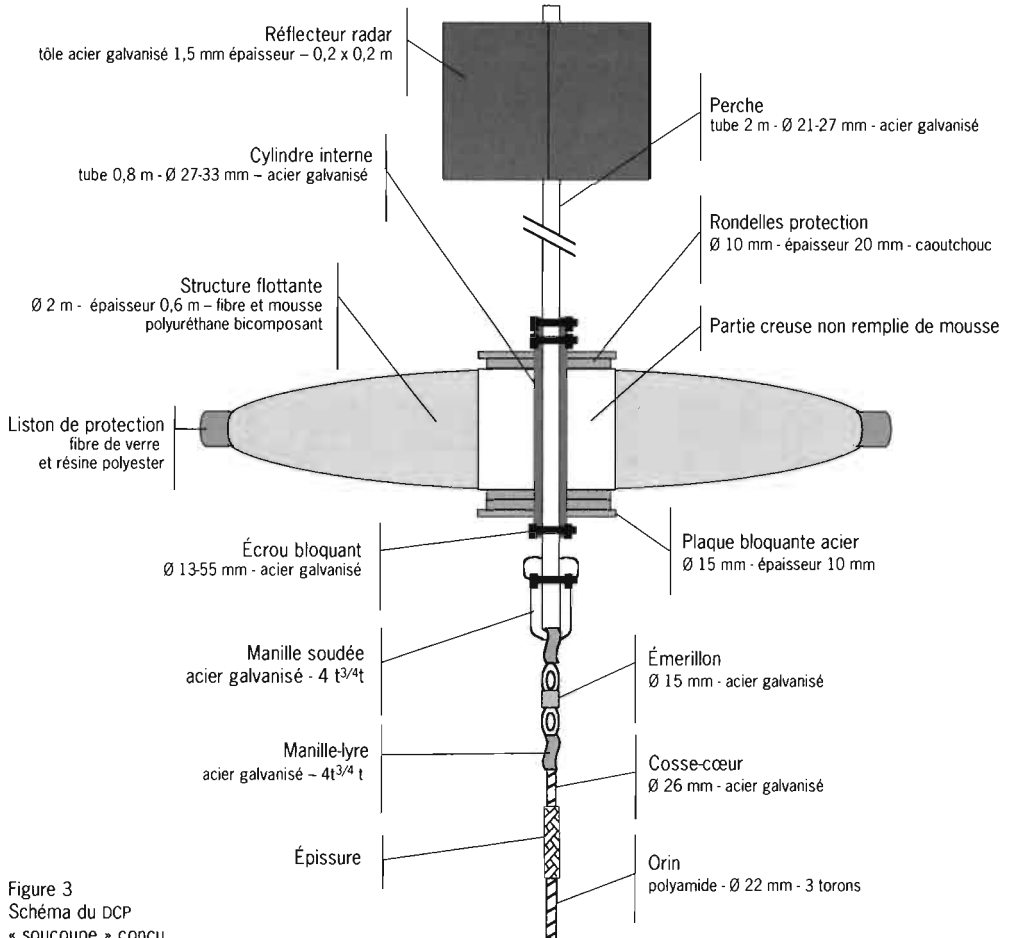


Figure 3
Schéma du DCP « soucoupe » conçu en 1998 à Mayotte par le Service des pêches et de l'environnement marin.

Tableau 2 - Coûts différentiels entre DCP « mi-lourd » et DCP « soucoupe » fabriqués à Mayotte.

	DCP « mi-lourd » classique (FF)	DCP « soucoupe » ¹⁰ (FF)
Tête DCP	1 200	5 400
Filière	6 000	/
Feuillard	600	600
Cordage	7 800	7 800
Corps-mort	2 100	2 100
Pose	5 000	5 000
Total	23 000	21 200

Les coûts comparatifs pour un DCP posé à 5 milles à l'extérieur du lagon sur 1 000 m de fond sont présentés dans le tableau 2.

10. Ce premier DCP « test » a été placé à Mayotte en mars 1999.

Évaluation du fonctionnement

Contraintes locales

S'il est difficile d'évaluer l'impact économique des dispositifs de concentration de poissons à Mayotte, c'est en raison de l'absence de données fiables sur leur exploitation. Il semble qu'ils soient largement sous-utilisés jusqu'à maintenant. Ce problème s'explique par les points suivants. D'une part, la pêche mahoraise a toujours été pratiquée dans le lagon en zone abritée à l'aide de petites embarcations rarement motorisées. Ces habitudes traditionnelles constituent un frein important pour les anciens pêcheurs, plus en sécurité à l'intérieur du lagon (en 1999, 32 % des hommes pêcheurs déclarent ne jamais pêcher hors-lagon).

D'autre part, la consommation des poissons pélagiques est à ce jour peu appréciée des Mahorais qui privilégient la chair des poissons à écailles. Ceci a pour conséquence un prix moyen de vente des poissons pélagiques inférieur à celui des poissons capturés dans le lagon¹¹.

Enfin, la pêche sur DCP étant une pêche récente, les techniques utilisées à ce jour ne permettent pas leur pleine exploitation.

Fréquentation

À ce jour, les données statistiques disponibles à Mayotte ne permettent pas d'établir de façon formelle la fréquentation des différents DCP. Néanmoins, les derniers résultats de l'enquête halieutique de 1999 (Wendling & Le Calvé, 2000) nous confirment que 50 % des hommes (1 % des femmes) considérés comme pêcheurs connaissent l'existence des DCP autour de Mayotte, 54 % vont y pêcher occasionnellement (soit 288 personnes) et 20 % souvent (soit 99 personnes pour 11 DCP hors-lagon).

Cela concerne 231 embarcations dont 121 barques et 110 pirogues. Ces embarcations sont équipées à 63 % de moteurs de 15 chevaux.

Les évaluations semi-quantitatives de l'enquête halieutique de 1999 permettent d'estimer les captures effectuées sur DCP. Les prises moyennes sont comprises entre 25 et 45 kg par jour et par embarcation, ce qui correspondrait à 250 t/an¹² pour l'ensemble de l'île, soit un chiffre d'affaires moyen compris entre 3,75 et 4,5 millions de francs (0,63 million d'euros) pour un investissement annuel d'environ 200 000 francs (30 340 euros).

Discussion

Pourquoi un nouveau type de DCP ?

Face aux nombreuses disparitions des DCP « mi-lourds », plusieurs raisons ont été avancées et certaines confirmées : le vol de la filière de boules en plastique et du cordage, le cisaillement du cordage de la filière par le nylon utilisé par les barques pour s'amarrer au DCP, les immersions

11. En 1999, le prix moyen de vente du poisson obtenu par les pêcheurs est de l'ordre de 20-25 F/kg, il n'est que de 15-20 F/kg pour le thon.

12. Production annuelle de thonidés en 1998 : environ 500 tonnes.

répétées lors des périodes de fort courant. Le modèle « soucoupe » aura été l'occasion de mettre en place une armature sur laquelle il devient très difficile de voler le cordage situé entièrement sous l'eau. De plus, l'amarrage devient lui aussi plus contraignant et il se réalise sur la perche résistante aux phénomènes de cisaillement du nylon. Notons que sa surface importante a été utilisée pour y inscrire, en français et en arabe, des éléments d'information « n° du DCP » et « Interdiction de s'accrocher à la bouée » à destination des pêcheurs.

La réalisation d'un DCP sur Mayotte nécessite obligatoirement l'importation de matériels (cordage, structures flottantes...) qui engendre un surcoût pour la fabrication. L'utilisation d'une technique simple et éprouvée sur l'île aura permis de s'affranchir en partie des besoins d'importation. De plus, les retombées économiques locales sont plus importantes en termes de main-d'œuvre puisque la structure est totalement réalisée par une entreprise locale.

Sur Mayotte, le manque de moyen à la mer restant une contrainte majeure pour la pose et l'entretien des DCP, grâce au modèle « soucoupe », les travaux de pose et de maintenance s'en trouvent facilités. Avec une forte flottabilité, le flotteur est aisément tracté par l'embarcation responsable de la pose ou de la maintenance.

Enfin, si la fragilité de la matière utilisée pour les soucoupes (fibre polyester) nous est apparue lors des premiers tests comme une contrainte, il s'avère que les réparations sont peu coûteuses et très simples à réaliser. La réalisation d'une nouvelle forme de DCP n'est pas une entreprise facile, les qualités principales étant :

- un coût réduit ;
- une fabrication simple ;
- une bonne longévité ;
- un pouvoir attractif.

Si les deux premières conditions semblent avoir été remplies aujourd'hui, il est prématuré de répondre à la troisième en raison de la récente réalisation des nouvelles structures flottantes. Quant au quatrième point, le programme de pêche expérimentale à la palangre verticale dérivante, lancé depuis le 1^{er} janvier 1999 autour de Mayotte par la DAF/Service des pêches et de l'environnement marin, pourra peut-être, y apporter quelques réponses.

Enfin, il convient aussi de réfléchir sur les possibilités d'une intervention plus active des organisations professionnelles dans le cadre du développement de la pêche à Mayotte.

Références bibliographiques

- Biais G., Maggiorani J.M., Taquet M., 1987. Enquête cadre sur la pêche artisanale mahoraise. Convention Ifremer-CTM-DAF Mayotte, 86/121 0409/F, 70 p.

- Blanchy-Daurel S., 1990. La vie quotidienne à Mayotte. L'Harmattan, 239 p.
- Boise F., 1997. Mayotte, Lagon Ajangua-Bandrélé : étude du matériel particulière décantant dans les fonds du lagon en saison des pluies (mission « Hydrolag-97 »). Rapport de stage, maîtrise sciences & techniques, génie des transformations de la matière et environnement, univ. Aix-Marseille III, 21 p. multigr. + annexes.
- Chabanet P., Tessier E., Poisson F., René F., 1996. Diagnostic sur l'état de la ressource en poissons des bancs de Geysier et de la Zélée. Ifremer-Collectivité territoriale de Mayotte. Convention contrat cadre 95/1212354/F.
- Chaboud C., 1995. Statut socio-économique des pêcheurs et développement des pêches dans un contexte insulaire. Quelques éléments sur l'apport de la socio-économie. *In*: Assises de la pêche, 6-8 décembre 1994. Collectivité territoriale de Mayotte.
- Collectivité territoriale de Mayotte, 1994. Livre blanc de la pêche artisanale mahoraise. *In*: Assises de la pêche, 6-8 décembre 1994. Collectivité territoriale de Mayotte-DAF/Service des pêches et de l'environnement marin, Copemay, 105 p.
- Coudray J., Thomassin B.A., 1991. Evolution of soil erosion and consequences on the marine environment in humid tropical island: a pluridisciplinary approach in Mayotte Island, Comoro Archipelago, Indian Ocean. INQAA, Pékin (abstract).
- Dahalani Y., 1997. Impact de la pêche au « djarifa » sur le recrutement des populations de poisson et des crustacés en face des mangroves du littoral de Mayotte (baie de Chiconi). Rapport de stage, université de Poitiers, centre océanologique de Marseille-Collectivité territoriale de Mayotte, 26 p.
- Dambreville P., Poisson F., Roos D., Tessier E., 1995. Mise en place des protocoles d'étude et de suivi statistique des captures de la pêche artisanale mahoraise et de l'étude de la biologie d'un mérou rouge (*Variola louti*) et d'une espèce profonde, le vivaneau rubis (*Etelis carbunculus*). Ifremer-Collectivité territoriale de Mayotte.
- Degiovanni C., Kouyoumzakis G., Marty N., Thomassin B.A., 1995. Distribution et dynamique des sédiments dans les lagons est et nord-est de Mayotte (SO océan Indien). *Int. Assoc. Sedimentol.*, 16th Regional Meeting, Aix-les-Bains, 24-26 April, abstract, vol. 1.
- Descamp P., Fray D., Thomassin B.A., Castellani S., Layssac J., 1998. Massive mortality following a huge bleaching of corals reefs at Mayotte Islands (SW Indian Ocean) at the end of the 1998 austral summer. *Intern. Soc. Reef Stud. Eur. Meet.*, Perpignan, 1-4 September 1998, abstracts, vol. 1.
- Insee, 1998. Recensement général de la population de la collectivité territoriale de Mayotte.

- Jacquemart P., 1980. Les problèmes de la pêche à Mayotte. Thèse de doctorat vétérinaire, Maison-Alfort, 55 p.
- Le Gall J.-Y., 1986. Éléments sur l'évolution de la pêche à Mayotte. *Pêche Marit.*, 1301, 546-55.
- Maggiorani J.M., 1991. Les dispositifs de concentration de poissons autour de l'île de Mayotte. *Collectivité territoriale de Mayotte, Rapp. Annu.*, 16 p.
- Maggiorani J.M., Maggiorani F., 1992. Les techniques de pêche utilisées à Mayotte. *Collectivité territoriale de Mayotte-DAF/Service des pêches et de l'environnement marin. Enq. Halieut.*, 33 p.
- Maggiorani J.M., Minet J.P., Taquet M., 1993. Situation de la pêche artisanale à Mayotte en 1992-1993. Résultats de l'enquête halieutique 1992-1993 et comparaison avec l'enquête halieutique de 1988-1989. *Ifremer-Collectivité territoriale de Mayotte*, 34 p.
- Maggiorani F., Roos D., Poisson F., 1995. Estimation des possibilités d'exploitation halieutique à Mayotte. *Rapport intermédiaire d'exécution. Ifremer-Collectivité territoriale de Mayotte*, 15 p.
- Maggiorani F., Tessier E., 1995. Mise en place d'un système de suivi des statistiques de pêche à Mayotte. *Ifremer-Collectivité territoriale de Mayotte-DAF/Service des pêches et de l'environnement marin. Contrat cadre Ifremer-Collectivité territoriale de Mayotte, Convention d'application*, 1, 14 p.
- Minet J.P., Taquet M., 1993. Implantation des dispositifs de concentration de poissons (DCP) en 1992 à Mayotte. *Ifremer-Collectivité territoriale de Mayotte. Rapp. Fin.*, 20 p.
- Moal R.A., 1962. La pêche aux Comores. *Rapport ronéotypé de la SCET, Paris*.
- Palladin M., 1983. Situation de la pêche artisanale à Mayotte. *Collectivité territoriale de Mayotte-DAF/Service des pêches et de l'environnement marin*, 73 p.
- Planchot D., 1995. Terroirs aquatiques et territoires de pêche dans un espace halieutique insulaire tropical : le village de Kani-Kéli à travers l'impact des nouvelles orientations de développement de la pêche à Mayotte. *Inst. Géogr. Aménage., univ. Nantes, Mém. DEA*, 82 p.
- Planchot D., Gillet Y., 1997. Résultats de l'enquête « statut du pêcheur 1995 », fiches sociologiques par village. *Collectivité territoriale de Mayotte-DAF/Service des pêches et de l'environnement marin. Rapp. Intern.*, 111 p.
- Thébaud O., 1996. Le secteur de la pêche à Mayotte, évolutions récentes et perspectives de développement. *Ifremer-CIRAD/GERDAT, Convention Ifremer-Collectivité territoriale de Mayotte 95/1212354/F A11*, 57 p.

Turquet J., Quod J.P., Wendling B., 1999. La surveillance ciguatérique à Mayotte, bilan des activités 1998. ARVAM-Collectivité territoriale de Mayotte-DAF/Service des pêches et de l'environnement marin, 16 p.

Wendling B., Le Calvé S., 2000. Résultats de l'enquête socio-économique sur la pêche artisanale mahoraise. Situation et évolution des pêcheries. Collectivité territoriale de Mayotte-DAF/Service des pêches et de l'environnement marin, 59 p.

Les modèles de DCP mis au point par la CPS : bilan et perspectives

Aymeric Désurmont

Secrétariat général de la communauté du Pacifique, BP D5, 98848 Nouméa Cedex, Nouvelle-Calédonie - AymericD@spc.int

Abstract

Since the early eighties, the Secretariat of the Pacific Community (SPC, formerly the South Pacific Commission) has contributed to the development of Fish Aggregating Device (FAD) programmes in the Pacific region. In particular, it has put considerable efforts into developing technology that would assure a two-year average FAD lifespan, while maintaining costs under US\$ 4000 per FAD unit. From 1996 to 1998, this work led to the publication of three volumes of the SPC FAD Manual. Volume 2: "Rigging deep-water FAD moorings", describes in great detail two FAD models that were developed from the original 1983 SPC-recommended model, and gives precise instructions on the way to construct them. Despite SPC's work, the objectives set, in particular the two-year average lifespan for FADs, have not been consistently met, resulting in many FAD programmes in the region being suspended. An analysis of the reasons why this has occurred is presented, along with a short description of the practical research that could be pursued, using different objectives, to introduce new FAD programmes in the region.

Introduction

Dans la zone desservie par le secrétariat de la communauté du Pacifique (CPS, anciennement Commission du Pacifique Sud), 21 des 22 pays insulaires membres de la communauté ont, à un moment ou à un autre, utilisé des dispositifs de concentration de poissons (DCP) et plusieurs d'entre eux ont des programmes DCP en cours.

Les DCP ont été importés des Philippines dans le Pacifique à la fin des années soixante-dix et ont été rapidement adoptés par les secteurs industriel et artisanal, puisque plusieurs départements des pêches de la région se sont aussitôt efforcés de les utiliser comme outil de développement. Les premiers modèles furent mis au point à partir du modèle original du payao traditionnel philippin, en tenant compte des conditions plus rigoureuses de l'océan Pacifique et surtout des matériaux disponibles localement. Les pêcheurs ont très vite apprécié leur efficacité mais, compte tenu des taux de perte très élevés et des coûts importants de fabrication par unité, les planificateurs nationaux et les bailleurs de fonds se sont demandés si les bénéfices apportés par les DCP compensaient

le coût de leur mise en place. Ils se sont alors tournés vers la CPS pour lui demander de lancer un programme de recherche et de développement pour améliorer la conception des DCP.

Ce projet a été axé prioritairement sur l'amélioration des lignes de mouillage et a abouti en 1984 à la publication d'un manuel intitulé « Design improvements to Fish Aggregating Devices (FADs) mooring systems in general use in Pacific Island Countries » (Boy & Smith, 1984). Six années plus tard, le modèle proposé par Boy & Smith avait été adopté par la majorité des pays de la région gérant des programmes DCP mais, si la durée de vie moyenne des systèmes avait augmenté (de six mois en 1983 à 12 mois en 1990), elle restait encore largement insuffisante. La CPS a donc lancé, en 1990, un deuxième programme de développement des DCP visant non seulement à améliorer les dispositifs mais aussi à s'assurer, par la formation de techniciens régionaux, que les procédures de fabrication et d'entretien recommandées soient bien comprises et mises en application. Ce deuxième programme a abouti à la publication entre 1996 et 1998 du Manuel de la CPS sur les DCP en trois volumes, dont le second, « Fabrication de DCP pour grandes profondeurs » (Gates *et al.*, 1996), sert de base au présent document.

Objectifs techniques des programmes DCP de la CPS

Si la durée de vie des DCP utilisés par les senneurs industriels n'est pas primordiale puisqu'un seul coup de senne peut rapporter de quoi remplacer plusieurs dizaines de DCP, il n'en est pas de même avec les DCP posés pour le secteur artisanal et le plus souvent financés par le secteur public. Le rapport coût-durée de vie est l'élément critique de tout programme DCP destiné au secteur artisanal. En 1984, Boy & Smith ont établi un cahier des charges fixant trois objectifs pour mettre au point le modèle pour grandes profondeurs (1 400-1 800 m) qu'ils recommandent :

- une durée de vie supérieure à deux ans :
- un coût par unité compris entre 3000 et 4000 \$US;
- un système pouvant être mis à l'eau par de petites embarcations (9 à 12 m).

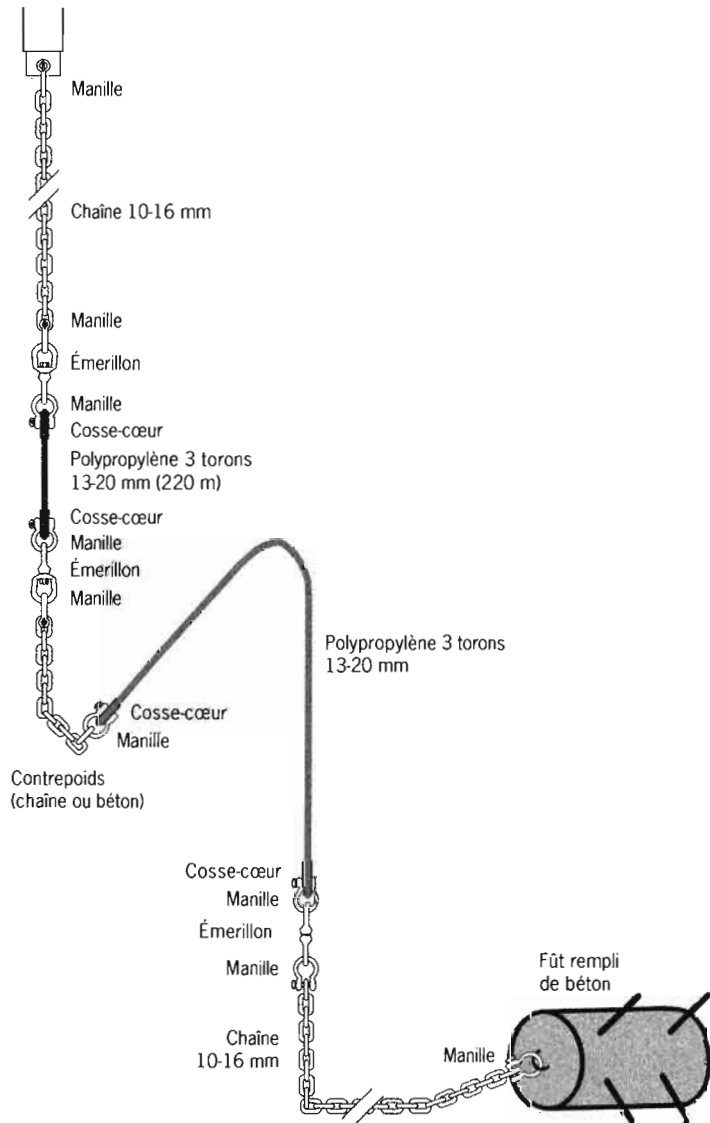
Ces trois critères ont servi de base à tous les modèles conçus au travers des différents programmes DCP de la CPS. Le troisième critère a obligé les concepteurs à limiter la taille des systèmes pour qu'ils puissent être mis à l'eau par les bateaux dont disposent, ou auxquels ont accès, la majorité des départements des pêches de la région. Ce critère n'a jamais posé de réels problèmes. En revanche, pour atteindre les deux autres objectifs, et en particulier celui de la durée de vie minimum, la CPS s'est efforcée de mettre au point une série de mesures dont la conception des lignes de mouillage ne constitue qu'une partie. Ces mesures sont décrites en détail dans le volume 3 du Manuel de la CPS sur les DCP : « Mouillage et entretien des DCP » (Gates *et al.*, 1998) et ne seront pas abordées ici.

Évolution des différents modèles recommandés par la CPS

La ligne de mouillage

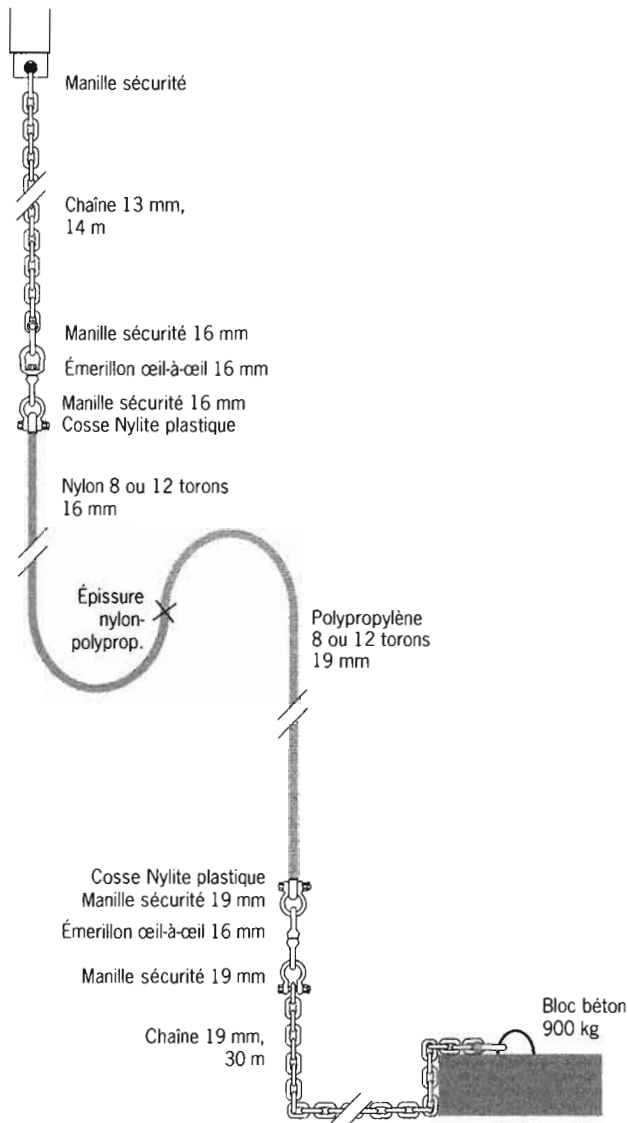
Au tout début des années quatre-vingt, la plupart des modèles de DCP utilisés dans la région Pacifique (fig. 1) étaient basés sur le concept mis au point à Hawaï à partir du payao traditionnel philippin (Matsumoto *et al.*, 1981). Il s'agissait d'un DCP « lourd », de plus de 350 l de réserve de flottabilité, utilisant une ligne de mouillage en polypropylène à trois torons de 20 mm de diamètre avec, en son milieu un contrepoids métallique ou en béton pour s'assurer que sa partie supérieure ne flotte pas et, à chacune de ses extrémités, une longueur de chaîne pour la relier au

Figure 1
Modèle de DCP utilisé dans la région Pacifique au début des années quatre-vingt.



radeau et au corps-mort. Les longueurs et les spécifications des matériaux utilisés variaient beaucoup d'un pays à l'autre en fonction des disponibilités et des diverses expérimentations menées par chacun. La ligne de mouillage recommandée en 1984 par Richard Boy, lieutenant des garde-côtes des États-Unis d'Amérique et spécialiste des mouillages profonds, et Barney Smith, conseiller aux pêches de la CPS, reprenait le même concept général, à savoir un modèle de DCP lourd, utilisant, pour des profondeurs de 700 à 2000 m, des lignes de mouillage en cordage de 16 à 20 mm, en y apportant cependant plusieurs améliorations importantes (fig. 2).

Figure 2
Modèle de DCP recommandé
par Boy & Smith (1984).



- **Mouillage à courbe caténaire inversée**

Le mouillage à courbe caténaire inversée est fondé sur l'association d'un cordage à flottabilité négative (comme le nylon) pour la partie supérieure du mouillage à un cordage à flottabilité positive (comme le polypropylène) pour la partie inférieure. Avec ce système, il n'est plus nécessaire d'utiliser un contrepoids pour éviter que la partie supérieure du mouillage ne vienne flotter à la surface. Ce contrepoids était considéré comme une cause probable de rupture des DCP (Preston, 1982). Le cordage nylon résiste bien aux ultraviolets et présente une bonne résistance dynamique, un avantage lorsque l'on considère les efforts violents dus à la houle auxquels est soumise la partie supérieure du mouillage. La flottabilité du cordage polypropylène dans la partie inférieure du mouillage permet de soulever quelques mètres de chaîne et d'empêcher le ragage du cordage sur le fond.

- **Utilisation de cordages tressés**

L'utilisation de cordages tressés à 8 ou 12 torons, dits antigratoires, est recommandée pour éviter les problèmes de coques qui peuvent se former lorsque des cordages à trois torons sont soumis à des tractions violentes (comme, par exemple, lors de la pose du DCP).

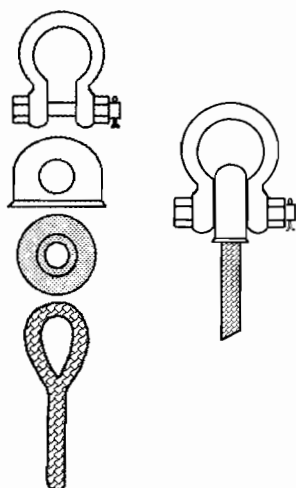
- **Utilisation d'acier à faible teneur en carbone, galvanisé à chaud pour toutes les pièces métalliques**

Pour éviter les phénomènes d'électrolyse, courants en milieu marin, Boy & Smith insistent sur l'utilisation exclusive de manilles, éme-rillons et chaîne en acier à faible teneur en carbone, galvanisé à chaud.

- **Utilisation de manilles de sécurité (fig. 3)**

Avec les manilles normales, le pas de vis du manillon, qui est la partie la plus fragile et la plus susceptible de se corroder, subit directement les efforts de traction. Avec les manilles de sécurité, il ne subit pas ces efforts. Par ailleurs, l'utilisation d'une goupille en acier inoxydable (qui ne pose pas de problème d'électrolyse puisque sa masse est très faible comparée à celle de la manille) permet de s'assurer que le manillon reste en place même si le pas de vis est abîmé.

Figure 3
Montage d'une manille
sécurité et d'une cosse
de type Samson Nylite™.



- **Utilisation de cosses en plastique de type Samson Nylite™ (fig. 3)**

Pour remplacer les cosses-cœurs en acier galvanisé, prévues à l'origine pour les câbles et non adaptées pour les cordages élastiques, il est recommandé d'utiliser des cosses de type Samson Nylite™, constituées d'un réa en plastique dur autolubrifiant et d'un capuchon protecteur en plastique souple. Ces cosses permettent d'isoler totalement les cordages des parties métalliques du mouillage et présentent l'avantage de pouvoir être démontées sans défaire les épissures.

- **Surdimensionnement de l'accastillage dans la partie inférieure du mouillage**

Partant du principe que la partie inférieure du mouillage ne pourra jamais être vérifiée une fois le DCP posé, Boy & Smith recommandent d'y utiliser des manilles, un émerillon et une chaîne surdimensionnée (19 mm au lieu des 13 et 16 mm utilisés dans la partie supérieure du mouillage). Par ailleurs, ils recommandent l'utilisation d'une grande longueur (30 m) de chaîne pour servir d'amortisseur et donner de la souplesse à la partie basse du mouillage.

Dans le volume « Fabrication de DCP pour grandes profondeurs », que la CPS publie en 1996, les auteurs, Paul Gates, Peter Cusack & Peter Watt, apportent quelques modifications mineures à la ligne proposée par Boy & Smith :

- **Augmentation du diamètre des cordages**

Suivant en cela la tendance adoptée par la plupart des programmes DCP de la région, les auteurs recommandent l'utilisation de nylon de 19 mm au lieu de 16 mm de diamètre et de polypropylène de 22 mm au lieu de 19 millimètres. Ils insistent également sur l'importance du poids au mètre des cordages à utiliser (au minimum : 0,218 kg/m pour le nylon de 19 mm et 0,204 kg/m pour le polypropylène de 22 mm), la simple référence à un diamètre de cordage ne suffisant pas. En effet, la quantité de matériau d'une longueur normalisée de cordage détermine sa résistance à la rupture, sa charge d'utilisation, sa résistance aux efforts cycliques et aux chocs et, dans le cas du polypropylène, sa flottabilité.

- **Simplification du système de calcul des longueurs de cordage**

Le système, relativement compliqué, proposé par Boy & Smith était entièrement basé sur le calcul de la longueur de polypropylène nécessaire pour soulever trois mètres de chaîne du fond. La longueur du mou donné à la ligne, qui forme la courbe caténaire inversée, y était fixe, soit 150 m pour les petites profondeurs (700-1 200 m) et 300 m au-delà. Ce système impliquait l'utilisation de grandes longueurs de nylon. Gates *et al.* simplifient les calculs et réduisent au maximum la proportion de nylon dans le mouillage, le nylon étant plus cher que le polypropylène. Ils proposent une ligne avec un ratio longueur-profondeur de 1,25 dont la partie supérieure du caténaire se trouve à 100 m sous la surface quand il n'y a pas de courant.

- **Utilisation de flotteurs « haute-pression »**

Dans les profondeurs de 700 à 1 200 m, la longueur de polypropylène de la partie inférieure du mouillage n'est pas suffisante pour soulever

3 m de chaîne du fond, il est donc recommandé d'y ajouter des flotteurs « haute-pression » pour en augmenter la flottabilité.

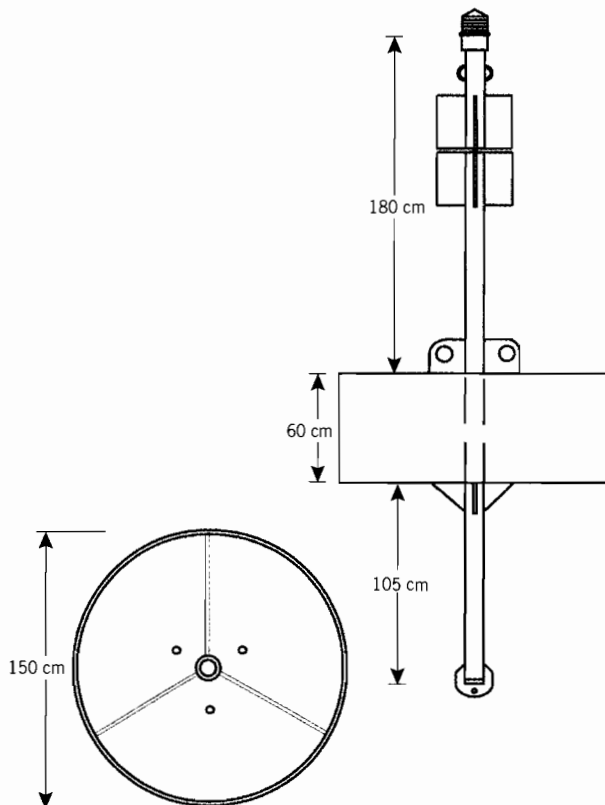
Les radeaux

Boy & Smith s'étaient contentés de faire un inventaire critique des systèmes de radeaux utilisés dans la région mais, à la fin des années quatre-vingt, avec l'augmentation relative de la durée de vie des systèmes, la plupart de ces radeaux ne convenaient plus. Gates *et al.* proposent donc deux types de radeaux : la bouée en acier, conçue par le lieutenant Boy, et le radeau de type « océan Indien » conçu d'après les modèles mis au point par Roullot *et al.* (1988) à l'Île Maurice et Biais & Taquet à la Réunion (1988).

• La bouée en acier (fig. 4)

Elle est conçue pour pouvoir être fabriquée par les petits ateliers de soudure que l'on trouve dans la majorité des pays insulaires du Pacifique. Elle est constituée d'un flotteur cylindrique de 1,5 m de diamètre et de 0,6 m de hauteur, divisé en trois compartiments étanches ; le flotteur est traversé par un tube de 0,1 m de diamètre et 3,45 m de longueur portant un réflecteur radar et un feu à éclats. Sa réserve de flottabilité (environ 900 kg) est deux fois supérieure au poids du corps-mort dans l'eau (environ 450 kg). En cas de conditions extrêmes, la bouée ne s'immerge pas mais peut traîner le corps-mort sur le fond.

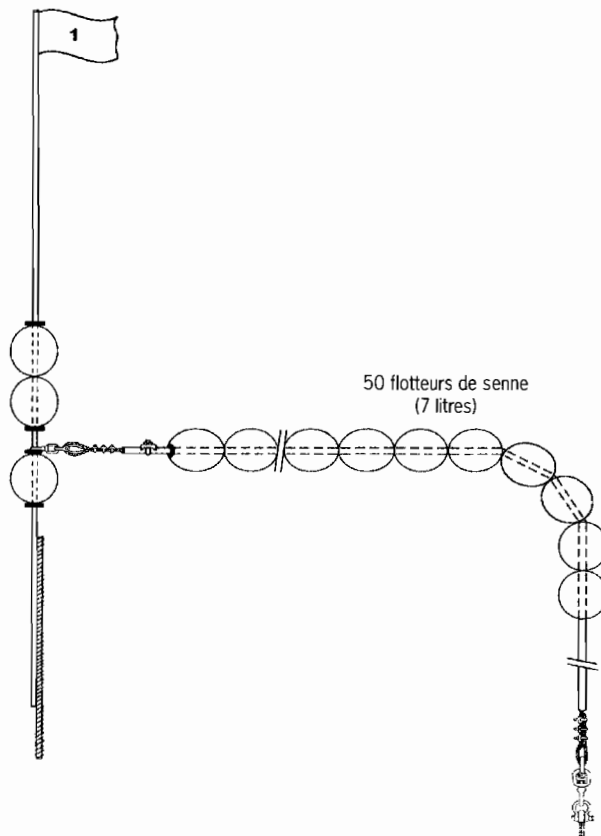
Figure 4
Bouée en acier.



• **Le radeau de type « océan Indien »** (fig. 5)

Le modèle mis au point dans l'océan Indien est composé d'un chapelet de bouées en plastique dur, résistantes à la pression, enfilées sur un câble d'acier galvanisé. Sa faible traînée réduit la tension exercée sur le mouillage. Il est conçu pour s'immerger en cas de violents courants. Lors des premiers essais menés par la CPS dans le Pacifique, l'immersion totale du radeau n'a jamais été constatée, contrairement à ce qui était souvent observé dans l'océan Indien. Le modèle conçu par Gates *et al.* recommande donc l'utilisation de flotteurs de senne, moins chers et plus résistants aux frottements que les flotteurs haute-pression, enfilés sur un câble de 16 mm recouvert d'une gaine en PVC de 8 mm d'épaisseur. D'une longueur de 30 m, ce câble permet d'éliminer la chaîne dans la partie supérieure du mouillage.

Figure 5
Radeau de type "océan Indien".



Le corps-mort

Boy & Smith recommandent l'utilisation d'un corps-mort en béton armé de 900 kilogrammes. Gates *et al.* en précisent les dimensions (0,9 m x 0,9 m x 0,5 m de hauteur) et les méthodes de fabrication pour assurer une résistance maximale du béton. L'éclatement de corps-morts mal construits au moment du choc avec le fond marin pourrait être à l'origine de quelques pertes prématurées de DCP.

Bilan

Le bilan des modèles de DCP recommandés par la CPS doit être fait au regard des objectifs principaux du cahier des charges établi par Boy & Smith en 1984, à savoir un coût par unité compris entre 3 000 et 4 000 \$US (ce coût correspond à environ 3 900-5 200 \$US en 1999, si l'on se base sur l'évolution de l'indice des prix pour les biens durables aux États-Unis d'Amérique, principale source d'approvisionnement de la région, données fournies par le département des Affaires socio-économiques de la CPS) et une durée de vie minimum de deux ans.

Coût par unité

Chacune des améliorations suggérées par Boy & Smith entraîne un surcoût substantiel par rapport au modèle original :

- le cordage nylon utilisé dans la partie supérieure du mouillage est 50 à 100 % plus cher que le cordage polypropylène utilisé précédemment ;
- les cordages tressés (8 ou 12 torons) sont 20 à 40 % plus chers que les cordages toronnés (3 torons) ;
- les manilles de sécurité sont 30 % plus chères que les manilles normales ;
- les cosses Samson Nylite™ sont au moins 10 fois plus chères que les cosses-cœurs, etc.

En conséquence, la plupart des pays de la région ayant adopté le modèle recommandé, le coût moyen par unité a augmenté de 3 000 à 5 000 \$US entre 1983 et 1990 (Gates, 1990).

Les quelques modifications suggérées par Gates *et al.* (augmentation du diamètre des cordages, etc.), entraînant encore des surcoûts, le prix, en 1999, d'un DCP conçu pour une profondeur de 1 500 m se situe entre 6 500 et 9 000 \$US (6 500 en Polynésie française, 7 200 à Guam, 8 000 en Nouvelle-Calédonie, bien que ces trois territoires utilisent des radeaux beaucoup moins coûteux que la bouée en acier recommandée par la CPS).

L'objectif de limitation des coûts n'a donc pas été atteint.

Durée de vie

Au tout début des années quatre-vingt, la durée de vie moyenne des DCP posés dans la région était estimée à six mois, aucun DCP n'ayant duré plus de 592 jours (Shomura & Matsumoto, 1982). En 1983, les durées de vie moyenne et maximum s'étaient étendues respectivement à neuf mois et 669 jours (Boy & Smith, 1984). En 1990, après l'adoption presque générale du modèle recommandé par Boy & Smith, la durée de vie moyenne était passée à onze mois, dix pour cent des DCP avaient passé la barre des deux ans et un DCP avait tenu plus de 1 500 jours en Polynésie française (Gates, 1990).

On ne dispose pas de données complètes pour la période couvrant 1990 à 1999 mais, malgré l'augmentation sensible de la durée de vie moyenne dans certains pays ou territoires ayant géré des programmes DCP

durant cette période (18 mois à Guam, 13 mois en Polynésie française, 15 mois aux îles Cook) et quelques durées record enregistrées çà et là (2 300 jours aux îles Marquises, Polynésie française), l'objectif des deux ans minimum n'a été atteint par aucun des programmes DCP de la région.

Plusieurs causes peuvent être avancées pour expliquer cet échec relatif.

• **Persistance de pertes très prématurées**

Les pertes de systèmes dans les semaines qui suivent leur pose sont encore relativement fréquentes dans la région. Ces pertes très prématurées restent le plus souvent inexplicables. Des défaillances techniques dues à des défauts non repérés dans les matériaux utilisés sont probablement les premières responsables. Pour certains DCP, il est possible que les vibrations de la ligne soient à l'origine d'attaque de requins ou d'autres poissons. Par exemple, à Guam, en 1998, deux DCP ont été coupés moins de trois mois après leur pose et en Nouvelle-Calédonie, en 1999, un DCP a été coupé une semaine après sa mise en place. Dans les trois cas, la profondeur et le type de coupure laissent peu de doute quant à leur origine. Ces durées de vie très courtes affectent sensiblement la durée de vie moyenne de l'ensemble des DCP posés.

• **Problèmes techniques**

Le soin apporté à la conception et à la fabrication des systèmes de DCP dans la région ainsi que l'étude préalable, presque systématique, des sites de pose ont permis de réduire sensiblement la proportion de pertes de DCP dues à des problèmes techniques. Mais, ces problèmes n'ont pas été totalement éliminés.

Il est possible que des défauts de fabrication, dus le plus souvent aux difficultés pour trouver le matériel recommandé (il est par exemple quasiment impossible de se procurer des manilles de sécurité dont le manillon soit en acier à faible teneur en carbone galvanisé à chaud), soient à l'origine de certains de ces problèmes.

Pour les DCP de type « océan Indien », Gates *et al.* recommandent l'utilisation exclusive de flotteurs de senne. Ils ne prévoient pas que le radeau puisse être totalement immergé puisque ces flotteurs ne sont pas conçus pour résister à de hautes pressions pendant des périodes prolongées. Pour diminuer les risques d'immersion, ils prévoient l'utilisation d'une cinquantaine de flotteurs, soit une réserve de flottabilité d'environ 320 kilogrammes. Cette conception présente, à notre avis, deux défauts :

- en cas de conditions extrêmes, le radeau sera tout de même immergé, puisque sa réserve de flottabilité est inférieure au poids du corps-mort dans l'eau (450 kg), les bouées perdront du volume sous l'effet de la pression et il est possible que l'ensemble coule (une hypothèse difficile à vérifier puisqu'aucune partie ne peut, dans ce cas, être récupérée);

- un des avantages du radeau de type « océan Indien » est justement de réduire au maximum les tensions exercées sur le mouillage en permettant l'immersion du radeau quand les courants sont trop violents. En augmentant le volume du radeau pour minimiser les risques d'immersion, Gates *et al.* contreviennent à ce principe.

• **Attaques de poissons**

En 1990, dix pour cent des causes connues de pertes de DCP dans la région étaient attribuées au sectionnement de la ligne de mouillage par des poissons (Gates, 1990). La majorité des attaques ont lieu dans les 300 mètres supérieurs de la ligne de mouillage et il est intéressant de noter qu'en Polynésie française, où cette partie de la ligne est protégée par une gaine, seulement trois pour cent des causes connues de perte de DCP sont attribuées aux morsures de poisson (Leproux, 1998).

• **Interventions humaines**

Le vandalisme, qu'il soit un acte délibérément malveillant ou la conséquence de la tentative de récupération d'une ligne de pêche emmêlée avec le DCP, est aujourd'hui la cause principale de pertes prématurées de DCP dans la région. La plupart des programmes DCP étant en place depuis de nombreuses années, les pêcheurs en ont en général compris l'intérêt et les actes délibérés de malveillance se font plus rares. Par contre, le développement des techniques de pêche profonde (pêche au caillou, palangre verticale, « palu-ahi » ; Preston *et al.*, 1999), ciblant les thons de plus grosses tailles (albacore, patudo ou germon) qui se déplacent entre 80 et 400 m de profondeur, est à l'origine d'un nombre croissant de pertes prématurées de DCP. En Polynésie française, par exemple, l'intervention humaine est responsable de 55 % des causes connues de pertes de DCP malgré la coûteuse mise en place de gaines de protection sur les 200 mètres supérieurs de la ligne de mouillage (Leproux, 1998). Le même problème se pose dans tous les pays où ces techniques de pêche sont utilisées (Wallis et Futuna, îles Cook, Samoa américaines, etc.).

• **Cyclones**

Les cyclones qui affectent régulièrement la région sont tenus pour responsables de la perte de nombreux DCP (environ 20 % des causes connues de pertes prématurées). Pourtant, les modèles ont été conçus pour résister à des vents de plus de 60 nœuds et des courants de surface de plus de 3 nœuds (Boy & Smith, 1984), et de nombreux DCP, récemment posés, ont résisté sans problème à des cyclones. Il n'est donc pas impossible que certains des DCP perdus au cours de tempêtes aient été endommagés auparavant par des lignes de pêche emmêlées, une hypothèse qui augmenterait encore la proportion de DCP perdus à cause d'interventions humaines.

Conclusions et perspectives

Même si les modèles de DCP recommandés par la CPS n'ont pas satisfait aux objectifs fixés par leurs concepteurs, ils ont contribué au succès de plusieurs programmes DCP de la région (à Guam, en Polynésie française ou aux îles Cook, par exemple). Mais, pour d'autres pays, leur coût élevé associé à leur relatif manque de fiabilité ont probablement contribué à l'interruption, ou la mise en sommeil, des programmes (au Vanuatu, à Nauru ou Kiribati, par exemple).

Face à ces problèmes, deux solutions sont envisageables :

- améliorer les modèles en acceptant une augmentation des coûts par unité. La cause principale des pertes prématurées de DCP est liée à l'utilisation des techniques de pêche profonde. C'est donc ce problème qu'il faudra traiter en priorité. Parallèlement aux efforts de responsabilisation des pêcheurs, il faudra renforcer la partie supérieure du mouillage. En effet, même lorsqu'elle est abandonnée par le pêcheur, une ligne emmêlée au DCP porte un appât ou un poisson capturé, risquant de provoquer l'attaque d'un requin. Depuis 1991, la Polynésie française protège les 200 mètres supérieurs de la ligne de mouillage de ses DCP à l'aide d'une gaine en polyéthylène de 32 mm de diamètre. Malgré cette amélioration coûteuse, le problème n'a pas été résolu puisqu'en 1998 les interventions humaines y étaient encore responsables de la majorité des pertes prématurées de DCP.

Il faudra donc mener d'autres expérimentations sur l'utilisation de câbles gainés, de lignes en kevlar, ou de câbles mixtes (acier et fibres synthétiques) qui entraîneront certainement une augmentation importante du coût par unité ;

- concevoir d'autres modèles moins chers en acceptant une probable diminution de la durée de vie.

- **DCP « lourds » de type pêche industrielle**

Dans le Pacifique, plusieurs compagnies de pêche industrielle utilisent avec succès depuis près de vingt ans le modèle à peine modifié de DCP lourd, inspiré du payao traditionnel philippin qui a servi de base à l'élaboration des premiers modèles conçus pour la pêche artisanale dans la région.

Aux îles Salomon, par exemple, la compagnie Solomon Taiyo gère un parc d'une centaine de DCP ancrés, dont la durée de vie moyenne est estimée à douze mois et le coût à environ 2 400 \$US (Sibisopere, 2000). Même si les départements des pêches de la région n'obtiennent pas les mêmes prix que les compagnies de pêche industrielle, qui commandent plusieurs dizaines de systèmes à la fois, on peut estimer qu'un DCP de ce type leur coûterait environ deux fois moins cher que les modèles proposés par la CPS. Une sorte de retour en arrière pourrait donc être effectué, tenant compte de l'expérience acquise par les pêcheurs industriels dans ce domaine, pour réévaluer l'intérêt de chacune des améliorations proposées par la CPS au regard des surcoûts induits. Par exemple, le remplacement de cordages toronnés par des cordages tressés, 20 à 40 % plus chers, est-il réellement justifié ?

- **DCP « légers »**

Au début des années quatre-vingt-dix, la CPS a expérimenté des DCP légers dont la ligne de mouillage était constituée de nylon monofilament de 3,5 mm de diamètre. Les résultats ont été très décevants puisqu'aucun de la dizaine de systèmes posés n'a résisté plus de trois semaines. Par contre, les expériences menées en Martinique par l'Ifremer avec des DCP légers, dont la ligne de mouillage est constituée de cordages en nylon et polypropylène de 12 mm, semblent donner de bons résultats,

tant au niveau de la durée de vie des systèmes que de leur capacité à concentrer les espèces ciblées (Taquet *et al.*, 1998). Leur coût moyen par unité est d'environ 1 500 \$US, soit quatre à cinq fois moins que le coût du DCP lourd recommandé par la CPS.

Une telle réduction des coûts et le peu de logistique nécessaire pour la fabrication et le mouillage de ces DCP devraient permettre aux pays insulaires de la région, voire à des associations de pêcheurs ou des entreprises touristiques de pêche aux gros, d'autofinancer et de gérer de petits programmes DCP, une éventualité que ne favorisaient pas les modèles de DCP lourds recommandés par la CPS. Des expérimentations pourraient être menées afin de mettre au point un système équivalent pour la région Pacifique qui prenne en compte les contraintes liées à l'utilisation très répandue des techniques de pêche profonde.

La section « Techniques de pêche » du programme Pêche côtière de la CPS a préparé un projet de recherche appliquée prenant en compte ces différentes options et pour lequel sont actuellement effectuées des recherches de financement.

Références bibliographiques

- Biais G., Taquet M., 1988. Projets d'implantation de dispositifs de concentration de poissons autour de la Réunion. Ifremer Réunion, Drv/rh, Rapp. Av., 30 p.
- Boy R.L., Smith B.R., 1984. Design improvements to Fish Aggregation Device (FAD) mooring systems in general use in Pacific Islands. SPC, Noumea, New Caledonia. SPC Handb., 24, 77 p.
- Gates P., 1990. Review of Pacific Island FAD deployment programmes. 22^e Conférence technique régionale sur les pêches de la CPS, Nouméa, Nouvelle-Calédonie, 6-10 août 1990. SPC Work. Pap., 38, 20 p.
- Gates P., Cusack P., Watt P., 1996. Manuel de la Commission du Pacifique Sud sur les dispositifs de concentration de poissons (DCP). II. Fabrication de DCP pour grandes profondeurs. CPS, Nouméa, Nouvelle-Calédonie, 50 p.
- Gates P., Preston G., Chapman L. 1998. Manuel de la Commission du Pacifique Sud sur les dispositifs de concentration de poissons (DCP). III. Mouillage et entretien des DCP. CPS, Nouméa, Nouvelle-Calédonie, 50 p.
- Leproux F., 1998. Bilan « dispositifs de concentration de poissons » en Polynésie française. Service des ressources marines (SRM), Papeete, Polynésie française. Rapp. Intern., 12 p.
- Matsumoto W.M., Kazama T.K., Aasted D.C., 1981. Anchored-Fish Aggregating Devices in Hawaiian waters. Mar. Fish. Rev., 43(9), 1-13.

- Preston G., 1982. The Fijian experience in the utilization of Fish Aggregation Devices. 14^e Conférence technique régionale sur les pêches de la CPS, Nouméa, Nouvelle-Calédonie, 2-6 août 1982. SPC Work. Pap., 25, 61 p.
- Preston G., Chapman L., Watt P., 1999. La pêche à la palangre verticale et autres méthodes de pêche autour des dispositifs de concentration de poissons (DCP). Manuel à l'intention des pêcheurs. CPS, Nouméa, Nouvelle-Calédonie, 64 p.
- Roullot J., Venkatasami A., Soondron S., 1988. The first three years experience in the use of Fish Aggregating Devices in Mauritius. Regional project for the development and management of fisheries in the South-West Indian Ocean. SWIOP/OISO, RF/79/065, 45 p.
- Shomura R.S., Matsumoto W.M., 1982. Structured floats as Fish Aggregating Devices. NOAA, National Marine Fisheries Service, Southwest Fisheries Center, Honolulu, Hawaii. Tech. Memor., 9 p.
- Sibisopere M., 2000. The significant contribution of FADs to Solomon Taiyo Limited's fishing operations. *In*: Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons. Le Gall J.-Y., Cayré P., Taquet M. (eds). Éd. Ifremer, Actes Colloq., 28, 653-662.
- Taquet M., Guillou A., Rageot O., Maguer C., Lagin A., 1998. Grands pélagiques : biologie et optimisation de l'exploitation dans les eaux proches de la Martinique. Ifremer-Conseil régional de la Martinique. Rapp. Fin. 96/241, 82 p.

Évolution technologique des DCP en Polynésie française

Frédéric Leproux

Service des ressources marines, BP 20, Papeete, 98713 Tahiti, Polynésie française
frederic.leproux@mer.gov.pf

Abstract

French Polynesia started its Fish Aggregating Device programme in June 1981 with the positioning of the first buoy offshore of the main island of Tahiti. Since then, 251 structures have been installed throughout the five archipelagoes of this French overseas territory. The shape and size of the devices have evolved eight times over this period. However, a single model has not yet been adopted. Trials are currently underway using lighter structures similar to those found in the Indian Ocean. The anchoring lines have progressively been modified through better knowledge of material and product availability, as well as better understanding of environmental constraints. The programme is entirely financed by the territorial government and managed by the public sector. This ongoing technical assistance, aimed towards the local small-scale coastal fishery, is considered an important factor to maintaining this activity alive. Up until 1997, this economical support policy of outer island populations far from the capital, along with incidental fishing methods around FADs, have given mitigated results without nevertheless putting into cause this programme. The use of "drifting handlines" retained at the surface by small indicator floats are one of the contributing factors to the degradation of the anchor lines. It is now commonly accepted that a new fishing strategy must be adopted so that professional coastal fishermen become more aware with regards to an expensive work tool due to local bathymetric conditions, so that fishing effort is increased through the development of better adapted fishing techniques and, finally so that community spirit rules over individualism.

DCP ancrés de juin 1981 à décembre 1999

Depuis l'ancre du DCP n° 1 au large des côtes de la commune de Papeete (façade est de l'île de Tahiti) en juin 1981, le Service des ressources marines (SRM) a procédé à la mise en place de 251 dispositifs répartis inégalement dans les cinq archipels de Polynésie en fonction de l'intensité de l'activité « pêche côtière » et des contraintes économiques dans chacune des îles intéressées (fig. 1).

C'est ainsi que 142 DCP ont été ancrés aux îles du Vent (IDV), 45 aux îles Sous-le-Vent (ISLV), 22 aux îles Australes, 21 aux îles Tuamotu et autant aux îles Marquises (fig. 2).

Figure 1
Nombre de DCP posés
par archipel et par année.

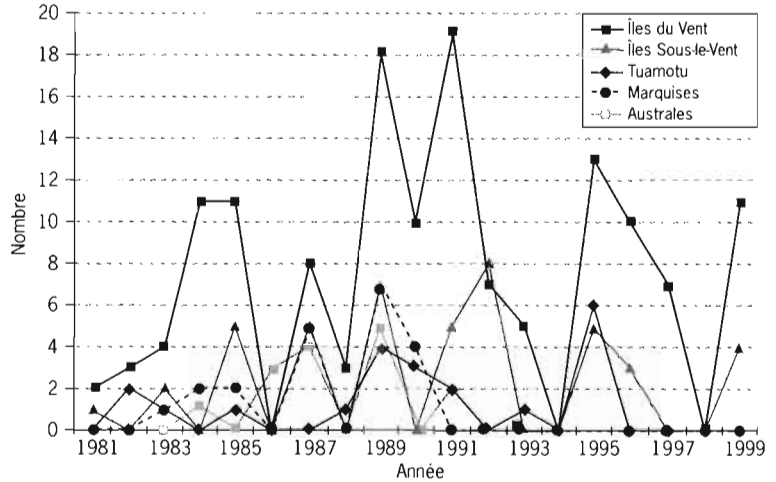
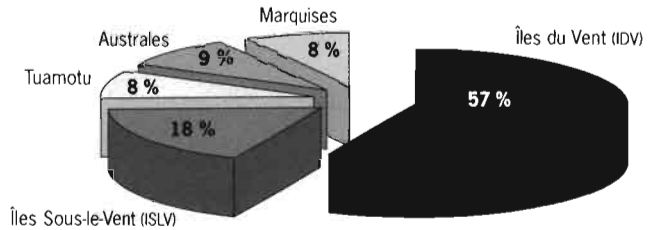


Figure 2
Répartition en pourcentage
par archipel des 251 DCP
ancrés en Polynésie
française.



Améliorations techniques

La création de ce programme émane de la lecture des conclusions d'un rapport qui nous est parvenu en 1980 des îles Hawaii et qui soulignait les possibilités de fixation des thonidés sous des dispositifs ancrés au large. Nous n'avions cependant aucun détail sur la structure flottante utilisée et la ligne de mouillage; nous avons en conséquence innové, d'autant plus que l'absence de plateau continental de faible profondeur près des îles engendrait de nombreuses inconnues d'ordre technique.

Flotteur principal

Pendant ces dix-neuf années, huit types de DCP sont testés dont trois à très peu d'exemplaires (fig. 3). De 1981 à très peu d'exemplaires (fig. 3). De 1981 à 1983, en ne tenant pas compte du dispositif n° 1, les structures sont montées par assemblage de deux fonds de cuve de 2,5 m de diamètre soudés l'un à l'autre, d'un mât de 2 m de haut sur lequel est fixé un flash à éclats rechargeable par panneau solaire et d'un pied tubulaire faisant office de contrepoids. Le diamètre et le volume de ce modèle réalisés à seize exemplaires ne facilitent pas les opérations de largage car nous devons faire appel à une logistique de terrain conséquente et revenir à quai de nombreuses fois au cours de la même mission en raison de la faible surface de travail sur le pont du navire. Le coût toujours croissant de fabrication de

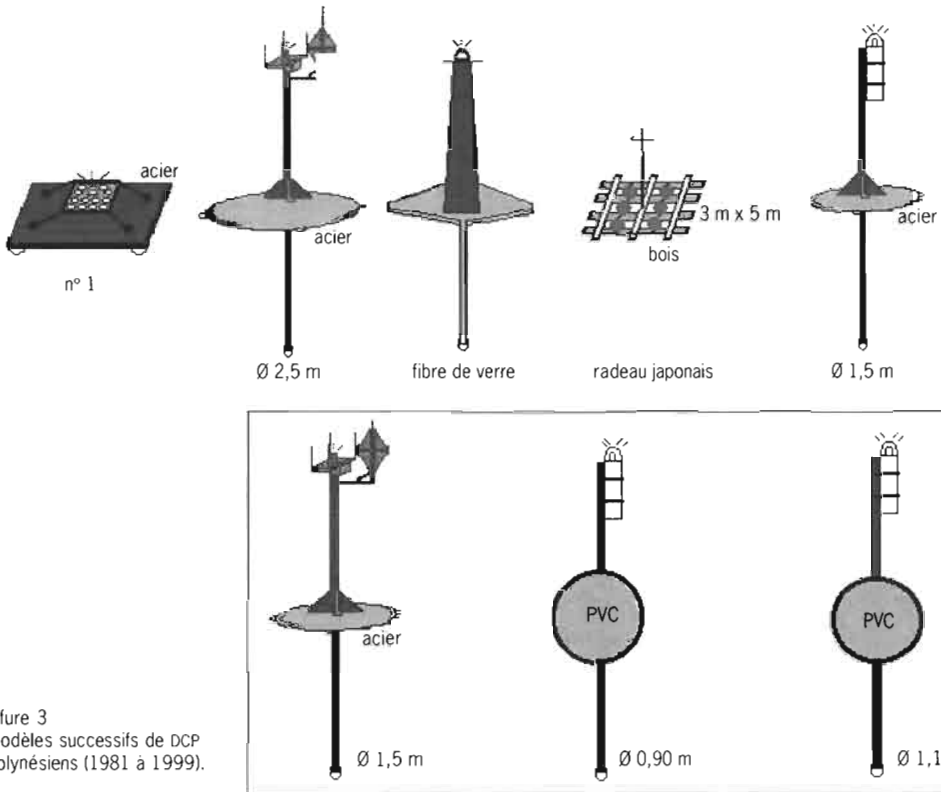


Figure 3
Modèles successifs de DCP
polynésiens (1981 à 1999).

ce modèle ainsi que l'absence de preuves scientifiques sur l'intérêt de DCP de grande taille nous conduisent en 1984 à ramener le diamètre de la bouée en acier traité de 2,5 m à 1,5 m en ne modifiant pas les superstructures. Cette forme est utilisée régulièrement jusqu'en 1992, puis retirée progressivement au profit de dispositifs en matériau souple de 0,90 m et 1,10 m de diamètre injectés de mousse polyuréthane et protégés des rayons ultraviolets par deux couches de peinture appropriée. Entre-temps, deux modèles de DCP en fibre de verre construits localement sont expérimentés mais, à cause de phénomènes de variation de volume dus à la différence de température extérieure entre le jour et la nuit, ils sont abandonnés après quelques mois. En effet, ces dispositifs perdent rapidement leur étanchéité et leur flottabilité au risque de faire sombrer l'ensemble en quelques semaines.

En 1984, dans le cadre des accords de pêche passés avec le Japon, nous recevons huit dispositifs rectangulaires en bois de 15 m² de surface qui sont ancrés aux IDV (1), aux ISLV (4), aux Australes (1) et aux Marquises (2). Le fait d'y avoir associé, lors du montage, six bouées d'une flottabilité globale de 180 l nous permet de constater l'urgence d'un retrait de ces structures à court terme, le bois ayant servi à construire ces plaques étant agressé par des organismes perforateurs (taret). Entre 1992 et 1996, plusieurs DCP en acier de 1,5 m de diamètre sont reconditionnés et ancrés à nouveau, leur remise en état étant moins

onéreuse que la fabrication d'un dispositif; ils sont placés géographiquement de manière aléatoire en alternance avec les bouées de 0,90 m et 1,10 m de diamètre en PVC souple dont, par ailleurs, le flash est d'un entretien moindre que ceux précédemment utilisés.

Les trois structures encadrées, ci-dessus, ont été fabriquées respectivement à 146, 39 et 14 exemplaires, les deux dernières étant toujours d'actualité et choisies en fonction du type de protection des 200 mètres supérieurs de la ligne de mouillage.

Ligne de mouillage

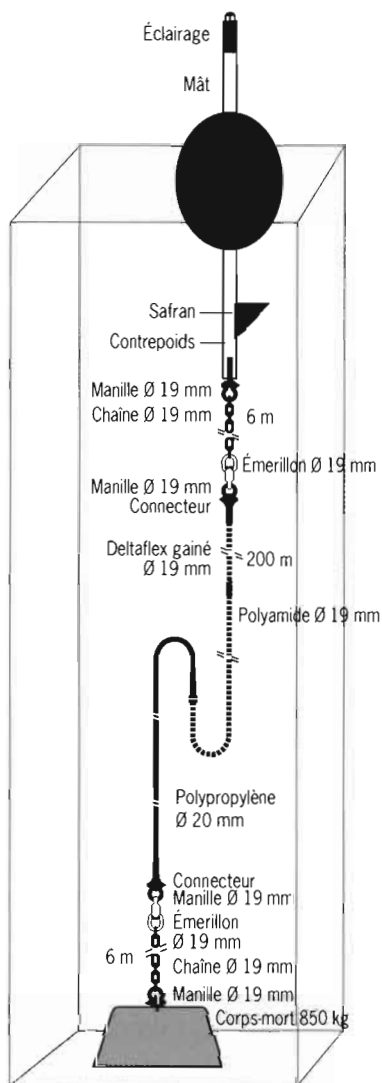
Les premiers montages de lignes de mouillage sont empiriques et réalisés avec les cordages et accastillages trouvés localement. Il s'avère, dès les premiers essais, que les ancrages profonds engendrent des contraintes techniques qui doivent impérativement être prises en compte pour éviter de perdre les DCP rapidement. De nombreux pays du Pacifique Sud ayant engagé les mêmes recherches, la Commission du Pacifique Sud (CPS) organise en 1984 un séminaire sur le sujet en Nouvelle-Calédonie avec l'assistance d'un spécialiste américain des ancrages profonds (Boy & Smith, 1984). Une grande partie des informations obtenues est exploitée, dès réception du matériel spécifique, dans le courant de la même année, pour la mise en forme d'une nouvelle ligne de mouillage sous les radeaux polynésiens (fig. 4).

Depuis, très peu de modifications ont été apportées, si ce n'est le remplacement du polyamide qui constitue le haut de ligne par un autre cordage plus résistant et la protection des 200 mètres supérieurs de ce cordage par une gaine et, éventuellement, une deuxième gaine contre les agressions des fils de pêche. En effet, la technique de pêche la plus courante (pêche à la ligne à main en profondeur) utilisée autour des radeaux par les « poti-marara », unités artisanales de pêche de 6 m à 8 m possédées aussi bien par des professionnels que par des amateurs, est responsable de dégradations du cordage, plus particulièrement entre 150 et 180 m sous la surface.

Des expériences de câblage ont été menées dans différents pays, dont les îles Hawaïi, et n'ont pas abouti en raison de la dispersion inégale des forces de traction exercées sur les brins amenant leur rupture progressive (compte rendu d'une rencontre personnelle avec les responsables du programme DCP à Honolulu en 1985). Il existe des matériaux très résistants qui pourraient éventuellement convenir mais leur coût est tel que leur usage n'est pas envisagé pour le moment.

Les différents éléments constitutifs de la ligne d'ancrage actuelle peuvent sembler démesurés pour ce qui concerne leur résistance par rapport à leur fonction (fig. 5). Nous tenons compte des probabilités de phénomènes météorologiques engendrant des mers fortes qui pourraient détruire tout le parc de DCP en place en vingt-quatre heures et annihiler totalement nos espoirs de trouver un compromis entre coûts et rentabilité pour la pêche côtière. Les cyclones de 1987 ont, semble-t-il, prouvé la justesse de notre raisonnement, les dispositifs, ancrés peu de temps auparavant et n'ayant pas encore été exploités, n'étant pas partis à la dérive.

Figure 4
Ligne de mouillage adoptée
en 1984.



Cependant, bien que l'influence des forces verticales de traction sur le cordage et l'accastillage soit maîtrisée, il n'en est pas de même pour les risques de cisaillements émanant des fils de pêche qui s'emmêlent sur le cordage.

En fin d'année 1996, les 200 mètres supérieurs de cordage de quatre DCP sont doublement gainés, une gaine souple armée recouvrant la gaine semi-rigide en polyester qui ne résiste pas aux frictions des fils de pêche de 110 kg à 130 kg de résistance. Bien que la sécurité contre des agressions non naturelles de lignes d'ancrage soit améliorée, il n'est pas envisagé, pour autant, de l'appliquer à tous les futurs DCP ; moins ceux-ci sont onéreux, plus le parc peut être étoffé.









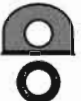




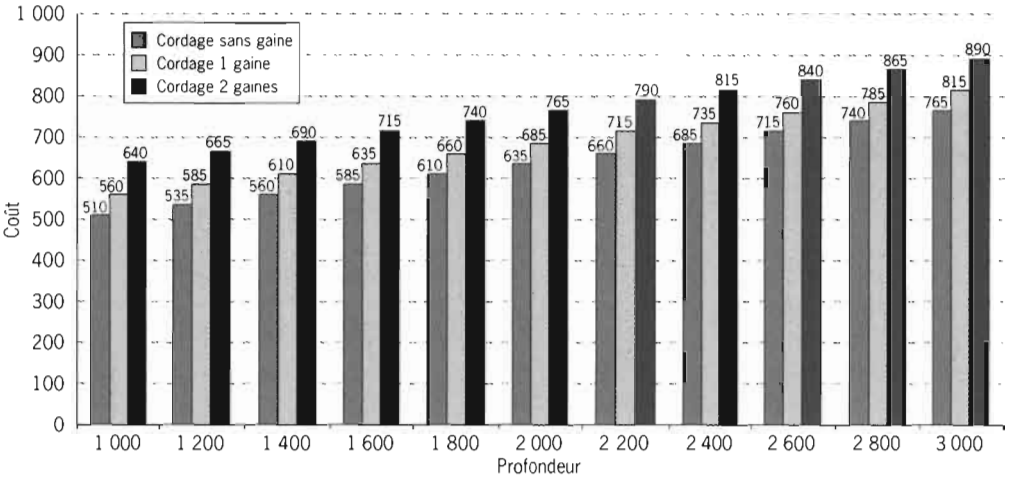
	Composant	Description	Taille en mm	Matériau	Résistance en tonnes
①		Manille	19	Acier traité forgé 85/100 kg	4,75
②		Chaîne	19	Acier haute résistance 85/100 kg	8
③		Émerillon	19	Acier haute résistance 85/100 kg	4
④		Manille	19	Acier traité forgé 85/100 kg	4,75
⑤		Connecteur	19	Téflon et polyuréthane	
⑥		Cordage coulant	22	Polyamide	8,3
⑦		Gaine	32	Polyester	
⑧		Cordage flottant	22	Polypropylène	5,6
⑨		Connecteur	19	Téflon et polyuréthane	
⑩		Manille	19	Acier traité forgé 85/100 kg	4,75
⑪		Émerillon	19	Acier haute résistance 85/100 kg	4
⑫		Chaîne	19	Acier haute résistance 85/100 kg	8
⑬		Corps-mort	90 x 90 x 60 (en cm)	Béton	0,2 kg/cm ²

Figure 5 - Caractéristiques des éléments constitutifs des ancrages.

Coûts

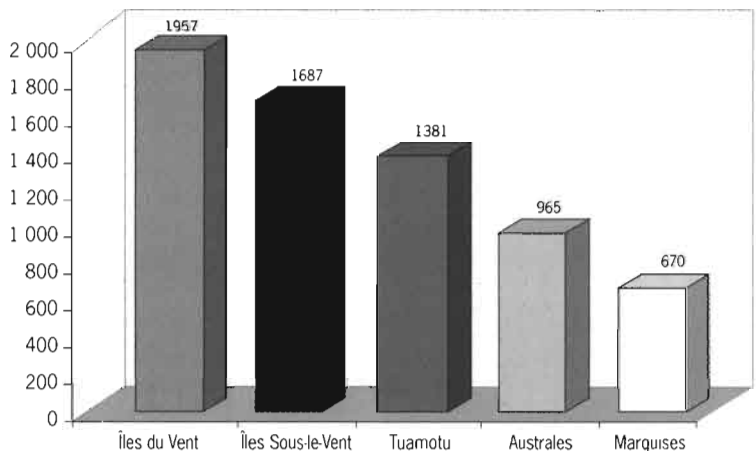
Les coûts des dispositifs sont très variables en fonction de la profondeur à laquelle ils sont ancrés et des matériaux employés sur les 200 premiers mètres (fig. 6). La longueur totale de ligne a généralement un rapport de 1,1 m à 1,2 m pour 1 m de fond, le « mou » étant indispensable en raison, d'une part, de l'imprécision partielle des données bathymétriques et, d'autre part, des tensions exercées lors de courants assez forts.

Figure 6
Coût des DCP en fonction du type de protection du cordage (x 1 000 FCFP; 100 FCFP = 5.5 FF = 0.9 \$US).



Ces coûts sont importants du fait de l'absence quasi générale de plateau continental de faible profondeur près de côtes, des îles où nous travaillons habituellement. Ainsi, la profondeur moyenne d'ancrage de l'ensemble des DCP posés jusqu'à décembre 1999 est de 1 650 m avec des variations importantes entre les différents archipels (fig. 7).

Figure 7
Profondeur moyenne d'ancrage par archipel (en mètres).



L'élaboration d'un parc permanent de DCP passe par une maîtrise des dépenses afin de satisfaire le plus grand nombre de communes dont la demande peut être jugée économiquement recevable.

En fonction du type de dispositif employé et, sur la base d'une ligne de mouillage protégée d'une gaine dans les 200 mètres supérieurs, les prix actuels sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1 - Coûts des différents types de DCP en fonction de la profondeur d'ancrage (en milliers de francs CFP).

Profondeur (en mètres)	DCP FER ø 1,5 m	DCP PVC ø 0,90 m	DCP PVC ø 1,10 m
1 000	630	560	615
1 500	685	615	670
2 000	770	700	755
2 500	825	755	810
3 000	880	810	865

Sur la base de la profondeur moyenne d'ancrage par archipel, de 1981 à 1998, et en rapport du nombre de radeaux ancrés respectivement, les coûts moyens sont donnés dans le tableau 2.

Tableau 2 - Coûts moyens par archipel en fonction de la profondeur moyenne d'ancrage.

Archipel	Profondeur moyenne (en mètres)	Coûts** en milliers de francs CFP (100 F CFP = 5.5 FF)
IDV	1 960 (142 DCP)	685
ISLV	1 690 (45 DCP)	615
Tuamotu	1 380 (21 DCP)	600
Australes	965 (22 DCP)	560
Marquises	670 (21 DCP)	505
Moyenne globale	1 650 (251 DCP)	635

** Calcul effectué sur la base d'un DCP PVC de 0,90 m de diamètre, logistique et personnel non intégrés.

Ces coûts seraient identiques à ceux des autres pays du Pacifique Sud gérant le même type de programme de soutien économique à la pêche artisanale et côtière qui tiendrait compte des recommandations des spécialistes portant sur les systèmes d'ancrage profond les plus fiables à un prix abordable. Les différences portent sur le nombre total de DCP ancrés depuis 1981 (251), sur la surface géographique à couvrir (ZEE de 5 millions de kilomètres carrés), la nécessité actuelle de protéger le haut de la ligne et le soutien financier à ce secteur qui est, à ce jour et uniquement pour ce programme, de près de 200 millions de francs CFP.

Bilan provisoire

Durée de vie moyenne

Les informations concernant la durée de vie de ces structures ne sont pas entièrement satisfaisantes, si l'on considère que les améliorations techniques devraient nous permettre d'atteindre une moyenne minimum de deux ans par ancrage, tous archipels confondus et que nous en sommes à une moyenne globale de 399 jours, toutes causes retenues (tab. 3). L'objectif n'est donc pas encore atteint malgré des essais permanents d'amélioration de la ligne d'ancrage.

Tableau 3 - Durée de vie moyenne des DCP pour chaque archipel.

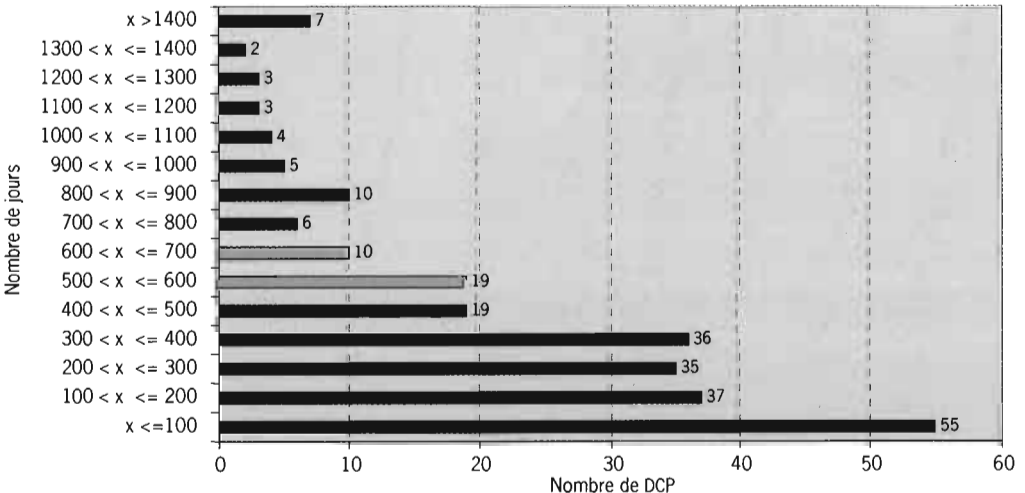
Archipel	Durée de vie moyenne
Îles du Vent	350
Îles Sous-le-Vent	382
Tuamotu	614
Australes	267
Marquises	632
Moyenne générale	399

De 1981 à 1998, sur un parc de 236 DCP posés, seuls 16,5 % d'entre eux ont franchi la barre des deux ans avec un pic à 2 300 jours aux îles Marquises (fig. 8).

Aux IDV et aux ISLV, les moyennes sont plus faibles à cause de facteurs (fils de pêche emmêlés) qui pourraient être maîtrisés grâce à une responsabilisation accrue des professionnels.

Aux îles Australes, la moyenne est faible en raison de facteurs météorologiques (9 DCP) et de problèmes d'ordre technique (3 DCP) qui ont entraîné la disparition de douze dispositifs (55 %) très peu de temps après leur ancrage.

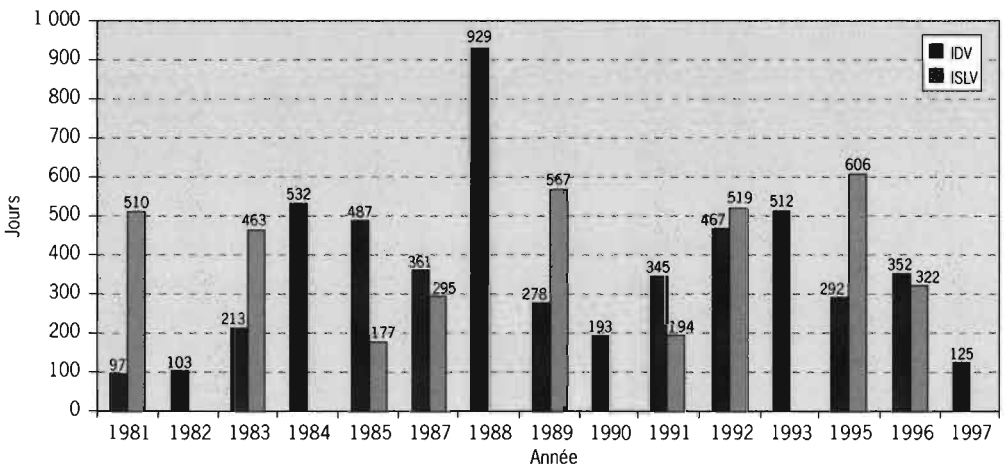
Figure 8
Durée de vie (x) des DCP
entre 1981 et 1998.



Les moyennes relevées dans l'archipel des îles Marquises (21 DCP) et celui des îles Tuamotu (21 DCP) sont les meilleures et révèlent la fiabilité des ancrages lorsque les agressions non naturelles sont peu nombreuses ou inexistantes.

À partir de 1991, suite au nombre important de DCP perdus prématurément, il est décidé, après analyse des causes principales, de protéger les 200 mètres supérieurs de cordage contre les agressions diverses à l'aide d'une gaine en polyéthylène dont le diamètre (32 mm) empêche les hameçons de s'accrocher. Les premiers résultats sont prometteurs puisque les durées moyennes de vie des DCP des IDV passent de 193 jours en 1990 à 512 jours en 1993 et celles des DCP des ISLV font un bond de 400 jours supplémentaires entre 1991 et 1995 (fig. 9).

Figure 9
Comparatif des durées moyennes de vie des DCP aux IDV et ISLV (1981 à 1997).



Causes de rupture

Les causes de rupture des lignes de mouillage des DCP polynésiens sont de cinq ordres (tab. 4).

Tableau 4 - Les différentes causes de rupture des DCP polynésiens.

Causes de rupture	IDV	ISLV	Tuamotu	Australes	Marquises	Total
Inconnue	52	21	16	8	19	116
Intervention humaine	56	12	1	0	0	69
Problème technique	15	5	0	3	1	24
En place	9	3	0	0	0	12
Météo	8	4	4	11	0	27
Carnassier	2	0	0	0	1	3
Total	142	45	21	22	21	251

L'analyse des chiffres de pertes (en unités) de DCP fait apparaître une très nette influence des pêcheurs sur leur durée de vie. En effet, les interventions humaines sont responsables de 39,4 % des ruptures aux IDV et 26,7 % aux ISLV. Parmi le nombre de DCP dont nous ne connaissons pas

la cause de rupture et qui sont classés en « inconnue », certains ont, sans doute, eux aussi, été endommagés par des fils de pêche. Les problèmes techniques (9,6 %) sont essentiellement dus à des ancrages dans des zones géographiques très accidentées et à des structures qui perdent progressivement leur flottabilité pour diverses raisons. Ces cinq dernières années, ce facteur est ramené à 6,5 %, soit 6 DCP sur 92 dont la durée moyenne de « vie » est de 39 jours.

Notons que 26,9 % (25 DCP) des dispositifs ancrés entre 1991 et 1998 aux IDV et ISLV et dont une partie de la ligne de mouillage est gainée partent à la dérive à cause de dégradations d'origine humaine. La gaine en polyéthylène ne résiste pas aux effets de cisaillement des fils de pêche de plus de 100 kg de résistance (ne sont pas comptabilisés ceux perdus avant douze mois (14 DCP) et pour lesquels nous n'avons aucun élément concret permettant de prouver une intervention non naturelle).

L'indiscipline de certains pêcheurs entraînant la gêne de tous, nous essayons d'y remédier par l'ajout d'une deuxième gaine souple armée d'un maillage en fibre de verre ayant fait l'objet de tests concluants lors d'essais à sec. En 1995 et 1996, ce sont respectivement 3 et 6 DCP dont les 200 mètres supérieurs de cordage sont doublement gainés. Deux d'entre eux ne tiennent pas longtemps en place pour des raisons d'ordre technique, un troisième et un quatrième sont coupés à plus de 200 m de profondeur par des fils de pêche de palangre horizontale, les autres vont rester en place de nombreux mois sans toutefois atteindre le cap des deux ans. En conséquence, cette option ne devrait pas être retenue dans les années à venir, d'autant plus qu'une protection double entraîne un surcoût de 150 000 F CFP par dispositif (un modèle de gaine résistant à la fois aux hameçons et aux fils de pêche est disponible sur le marché local ; cependant, son prix et son poids immergé sont deux obstacles difficilement surmontables).

Législation

Afin de remédier à l'indiscipline de quelques individus, la Polynésie française a mis en place deux arrêtés de protection des structures en 1989 (arrêté n° 0327/CM du 17 mars 1989) et 1995 (arrêté n° 0867/CM du 17 août 1995) qui adoptent, aussi bien pour les amateurs que pour les professionnels, les dispositions suivantes :

- amarrage interdit sauf en cas de nécessité absolue ;
- pêche à la traîne interdite dans un rayon de 100 m ;
- pêche à la ligne dérivante interdite dans un rayon de 150 m ;
- tout fil de pêche emmêlé doit être impérativement coupé.

L'analyse des causes de rupture sur les lignes de mouillage des DCP récupérés prouve que ces arrêtés ne sont pas respectés. L'absence de toute autorité sur zone depuis plusieurs années ainsi que les déplacements mensuels inexistantes des agents techniques qui sont en charge de ce programme sont des facteurs ayant malheureusement engendré cette situation.

Par ailleurs, les palangriers de proximité, qui ne sont soumis à aucune restriction spécifique, opèrent parfois dans un rayon de un à trois milles nautiques des DCP, avec des conséquences irréversibles pour la ligne d'ancrage lorsque leur ligne-mère de 4 mm de diamètre s'emmêle.

Le nombre de bateaux de pêche appartenant à des « amateurs » suit une courbe ascendante depuis plusieurs années. Nous pouvons donc supposer que les DCP seront de plus en plus sollicités, avec les conséquences qu'un usage intensif entraîne.

Il est donc indispensable d'envisager à court terme une refonte de la législation territoriale relative à la protection des DCP et, éventuellement, définir des zones maritimes d'exploitation en fonction des types de flottille de pêche.

Données statistiques

Les DCP sont l'objet, dans les îles de la Société, d'une exploitation temporaire ou continue de la part des « poti-marara » (coques en contre-plaqué ou en fibre de verre de 6 m à 8 m) professionnels, des palangriers de proximité et des « autres », en l'occurrence les « poti-marara » appartenant à des amateurs et les nombreuses embarcations de petit ou moyen tonnage immatriculées en plaisance.

Si le peu d'informations disponibles ne permet pas de juger de l'effort des palangriers côtiers près des DCP, il en est tout autrement pour les autres catégories de navires concernées.

En 1996, les pêcheurs professionnels et amateurs ont eu la possibilité d'exploiter 14 dispositifs aux IDV et 7 DCP aux ISLV. Les enquêtes statistiques (Évaam-SMA) aboutissent à des chiffres de production de la pêche artisanale et côtière (570 t en 1996) dont l'analyse est révélatrice.

Un suivi régulier de 65 « poti-marara » professionnels basés respectivement sur la côte est de Tahiti (20), sur la côte ouest (40) et à Raiatea (5), a donné sur les douze mois de 1996 les chiffres de production détaillés dans le tableau 5.

Tableau 5 - Production spécifique (en tonnes) des « poti-marara » fréquentant les DCP de Tahiti et de Raiatea.

Enquêtes	Nb de bateaux	Jours de pêche	<i>Katsuwonus pelamis</i>	<i>Tbunnus alalunga</i>	<i>Tbunnus albacares</i>	<i>Tbunnus obesus</i>	<i>Makaira nigricans</i>	<i>Coryphaena hippurus</i>	Autres	Total
« Poti-marara » d'Arue*	20	2 400	7,500	37,000	22,500	0,300	8,000	29,000	3,000	107,300
« Poti-marara » de Punaauia*	20	1 884	24,584	6,181	8,728		0,019	6,091	8,178	53,781
« Poti-marara » de Paea*	20	1 460	13,957	4,045	5,930			2,458	16,694	43,084
« Poti-marara » de Raiatea**	5	498	1,515	6,069	13,129		1,402	2,933	0,294	25,342
Total	65	6 242	47,556	53,295	50,287	0,300	9,421	40,482	28,166	229,507

* Arue, Punaauia et Paea sont des communes de l'île de Tahiti.

** Raiatea est l'île principale des ISLV, située à l'ouest de l'île de Tahiti.

Cet échantillonnage fournit un aperçu de la pêche artisanale et côtière dans son ensemble mais il regroupe des efforts de pêche sur DCP et hors DCP. Il est cependant possible d'établir la production sur DCP en 1996 par une application des pourcentages estimés de prises d'espèces près de ces structures et sur des bancs libres (tab. 6).

Tableau 6 - Proportion des captures par espèce sur et hors DCP.

	Pêcheurie sur DCP	Pêcheurie hors DCP
Bonite	1 %	99 %
Germon	90 %	10 %
Thon jaune	40 %	60 %
Thon obèse	100 %	0 %
Marlin	50 %	50 %
Dorade coryphène	10 %	90 %
Autres	1 %	99 %

Ces pourcentages sont établis par comparaison, sur plusieurs années, des données de capture, d'une même flottille, sur et hors DCP, la pêche en eaux libres étant engendrée par une absence de structure ancrée ou par des agrégations de thonidés inexistantes sous DCP (SMA, 1996).

L'application de ces informations à l'ensemble de la flottille en activité aux IDV et ISLV ainsi que les statistiques (SRM) se rapportant aux autres catégories de navires nous donnent les résultats de production (en tonnes) figurant dans le tableau 7, soit une production sur DCP pour 1996 de 249 t, correspondant à 43,6 % du tonnage général de l'année (570 t).

Tableau 7 - Résultats de la production (en tonnes) sur DCP en 1996 après application des pourcentages à l'ensemble de la flottille.

Estimatif	Nb de bateaux	<i>Katsuwonus pelamis</i>	<i>Thunnus alalunga</i>	<i>Thunnus albacares</i>	<i>Thunnus obesus</i>	<i>Makaira nigricans</i>	<i>Coryphaena hippurus</i>	Autres	Total
« Poti-marara » professionnels	200	1,1	111,0	46,100	0,650	11,100	9,200	0,600	179,750
Autres « poti-marara »	200	0,6	36,800	15,200	0,250	3,600	3,100	0,150	59,700
Autres bateaux	500	1,5	-	1,000		6,200	0,600	0,150	9,450
Total	900	3,2	147,800	62,300	0,900	20,900	12,900	0,900	248,900

Conclusion

L'incidence économique de la mise en place de DCP pour l'ensemble de la pêche côtière est flagrante et elle est également visible auprès des chantiers navals locaux spécialisés dans la fabrication de « poti-marara ». Ces chantiers, au nombre de deux en 1980, sont désormais sept, et leurs carnets de commande sont remplis malgré la concurrence des coques

importées essentiellement par des « amateurs ». De 1990 à 1996, le nombre de « poti-marara » a fait un bond de 300 %, les aides financières accordées par le territoire de la Polynésie française (20 % en moyenne de l'investissement pour les armateurs dont la pêche est la principale source de revenus) étant, de même, grandement incitatives. Cette augmentation importante du parc de navires côtiers fréquentant plus ou moins régulièrement les DCP ainsi que les inévitables conflits entre les différentes flottilles sur les zones de pêche nécessitent désormais une autre approche du programme d'ancrage de dispositifs de concentration de poissons en Polynésie française, aussi bien dans ses aspects technique que juridique. Sa mise en place devrait aboutir à un réseau permanent de radeaux et une responsabilisation accrue de chaque utilisateur, qu'il soit amateur éclairé ou professionnel.

Références bibliographiques

- Boy R.L., Smith B.R., 1984. Design improvements to Fish Aggregating Device (FAD) mooring systems in general use in Pacific Island Countries. SPC, Noumea, New Caledonia. SPC Handb., 24, 77 p.
- Depoutot C., 1987. Contribution à l'étude des dispositifs de concentration de poissons à partir de l'expérience polynésienne. Notes Doc. Océanogr. Cent. Tahiti, Orstom, 33, 159 p.
- Gates P., Cusack P., Watt P., 1996. Manuel de la Commission du Pacifique Sud sur les dispositifs de concentration de poissons (DCP). II. Fabrication de DCP pour grandes profondeurs. CPS, Nouméa, Nouvelle-Calédonie, 50 p.
- Leproux F., Moarii G., 1985. Dispositifs de concentration de poissons en Polynésie française. Établissement pour la valorisation des activités aquacoles et maritimes (Évaam), Tahiti.
- N'Guyen Khoa S., 1990. Impact socio-économique des DCP sur la pêche des « poti-marara » de l'île de Tahiti. Orstom, Tahiti.
- SMA, 1996. Bulletin statistique du service de la mer et de l'aquaculture, Tahiti.
- Ugolini B., Robert R., 1982. Les dispositifs de concentration de poissons en Polynésie française. Service de la pêche, Tahiti.
- Ugolini B., 1983. Dispositifs de concentration de poissons. Service de la pêche, Tahiti. Doc. Intern.
- Yen S., Leproux F., Joss E., 1990. Analyse des résultats du programme de mouillage des DCP en Polynésie française (juin 1981-juin 1990). Orstom-Évaam, Tahiti.

Guam Fish Aggregating Device programme

Andrew Torres

Government of Guam, Department of Agriculture, Division of Aquatic and Wildlife Resources,
192 Dairy Road, Mangilao, Guam, USA 96923 - aatorres@ns.gu

Abstract

Installation and maintenance of FADs by the Government of Guam began in 1979, initially with funding from the Saltonstall-Kennedy Act through the Pacific Tuna Development Foundation. Current funding for the Guam FAD project is provided through the Dingell-Johnson/Wallop-Breaux Sport Fish Restoration programme, a Federal Aid Project funded by taxes collected on the purchase of fishing equipment and motorboat fuels nationwide. There are now sixteen operational FAD sites in Guam's waters. At a cost of approximately US\$ 10,000 per system, concern for the rising costs of replacing and maintaining FAD systems has prompted the Department of Agriculture's Division of Aquatic and Wildlife Resources (DAWR) to investigate alternative FAD maintenance strategies and system design. Several cost-cutting measures being considered include the use of reliable solar-powered navigation lights to reduce the number of maintenance trips required, and switching to a newer generation of lighter, more durable buoys and mooring systems. Average time on station for a DAWR FAD system is nearing two years. Interestingly, in most cases where an errant system is recovered, the failure in the mooring system was observed to occur at a depth from 35 to 500 metres. These observations have led to speculation that additional protection of the mooring line down to 500 m may result in doubling the average time on station of most FAD systems.

Background

Strategically located at 13°28'N-144°47'E, Guam is the westernmost territory of the United States and the largest and southernmost island of the Mariana Archipelago in the Western Pacific Ocean. Shaped like a footprint, the island is about 48 km length with a width ranging from 6 to 19 kilometres. It has a total area of 451 sq. km and a population of approximately 133,000 people (1990 census), the highest densities being concentrated in the northern and central sections. The climate is tropical marine, generally warm and humid with little temperature variation, moderated by northeast tradewinds. There are two distinct seasonal patterns: a dry season that usually occurs from January to June, and a rainy season from July to December. Offshore fishing activity typically peaks during the summer doldrums when sea conditions are calmest.

Centrally situated on the western leeward coast, the Agana Boat Basin serves as the island's primary small-boat launch to fishing areas off the central and northern leeward coast, as well as the northern banks such as Rota and Icebox banks. Situated to the south, the Merizo Pier, Umatac Boat Ramp and Agat Marina serve as launch points to the southern shores and banks like Mile, Galvez, Stu, Baby, Santa Rosa, and White Tuna banks. The Agat Marina in particular, located between the Agana Boat Basin and the Merizo Pier, provides trailered boats from the northern and central portions of the island a closer and more convenient launch site to southern fishing grounds. Plans to construct two additional boat ramps at presently undeveloped eastern launch sites such as Ylig River and Inarajan Bay are currently being considered. If completed, the new boat launches are expected to lead to a significant increase in fishing effort on the eastern windward side of the island.

The estimated number of vessels participating in the pelagic troll fishery has steadily increased from 119 in 1980 to 438 in 1998. A wide majority of the fleet is comprised of vessels less than 8 metres in length and typically owned by recreational-subsistence fishermen who fish part-time and occasionally sell their catch. A smaller segment of the fleet, approximately 6%, consists of charter vessels that are berthed primarily at the Agana and Agat marinas (Anon., 1998).

Annual pelagic landings have varied widely over the years, ranging between 158 and 393 metric tons for the period between 1980 and 1998. Landings consist almost entirely of "mahi-mahi" (*Coryphaena hippurus*), wahoo (*Acanthocybium solandri*), skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*), yellowfin tuna (*Thunnus albacares*), and Pacific blue marlin (*Makaira mazara*). Other landings, to a much lesser extent, include rainbow runner (*Elagatis bipinnulata*), barracuda (*Sphyraena barracuda*), "kawa-kawa" (*Euthynnus affinis*), dogtooth tuna (*Gymnosarda unicolor*), and shortbill spearfish (*Tetrapterus angustirostris*) (Anon., 1998).

Attempts to establish reliable annual estimates of the percentage of the total harvest of pelagic fish attributed to FADs, as well as the percentage of total trolling effort spent working FADs, have been made in the past. However, the results are not conclusive due in part to varying survey methodologies and the inherent difficulties in establishing when a vessel is, or is not, actually working a FAD. There is also the concern of whether a fish caught in the vicinity of a FAD was truly affected by the presence of that system or purely coincidental. This may be the case given the number of FAD sites in the Guam programme today, the area they affect, and the close proximity of the sites. In general, DAWR remains satisfied with the effectiveness of its FADs and does not depend on yearly creel survey results to justify continuation of the programme. For this reason, collection of harvest and effort data around FADs during offshore creel surveys was discontinued in 1993.

Guam's involvement with FADs began in 1979 after the Guam Department of Agriculture's Division of Aquatic and Wildlife Resources (DAWR) received a US\$ 21,500 grant from the Salstonstall-Kennedy Act through the Pacific Tuna Development Foundation (PTDF) to construct and deploy several FAD systems. From 1980 to 1982, development of the DAWR FAD project continued utilizing Dingell-Johnson (DJ) Sportfish Restoration funding after the initial PTDF award was depleted. The project then went through a period of relative inactivity between 1983 and 1985 as no new FADs were constructed or deployed after the last of the first generation FADs came off station in 1983. In 1986, the project was reactivated and became permanently funded through the DJ-funded Fisheries Development programme.

Funding

DAWR's ability to continue to operate an extensive FAD programme over the years with little to no local funding has been made possible with federal grants through the Dingle-Johnson/Wallop-Breaux Sportfish Restoration Act. Enacted in 1950 and amended in 1984, this federal legislation captures a percentage of the annual excise taxes collected nationwide on the manufacture, importation and sale of fishing equipment and motorboat fuels. The funds generated are then apportioned to eligible State and Territorial fish and wildlife agencies to strengthen their ability to restore and manage fish and wildlife resources to effectively meet the consumptive and non-consumptive needs of the public for these fish and wildlife resources. Approximately US\$ 2.8 billion has been apportioned to State and Territorial fish and wildlife agencies since 1952 (US Fish and Wildlife Services Basic Grants Management Course, Oct. 19-22, 1998). Guam and other insular US territories receive 1/3 of 1% of the total amount of money collected annually, which has yielded approximately US\$ 700,000 for Guam each year for the last several years. Of the US\$ 700,000 Guam receives annually, approximately US\$ 50,000 (7%) is appropriated each year to the DAWR FAD project. From 1986 to 1998, over US\$ 620,000 have been spent to establish and maintain the sixteen-site FAD programme that exists today.

History

1979-1983

Type I raft design

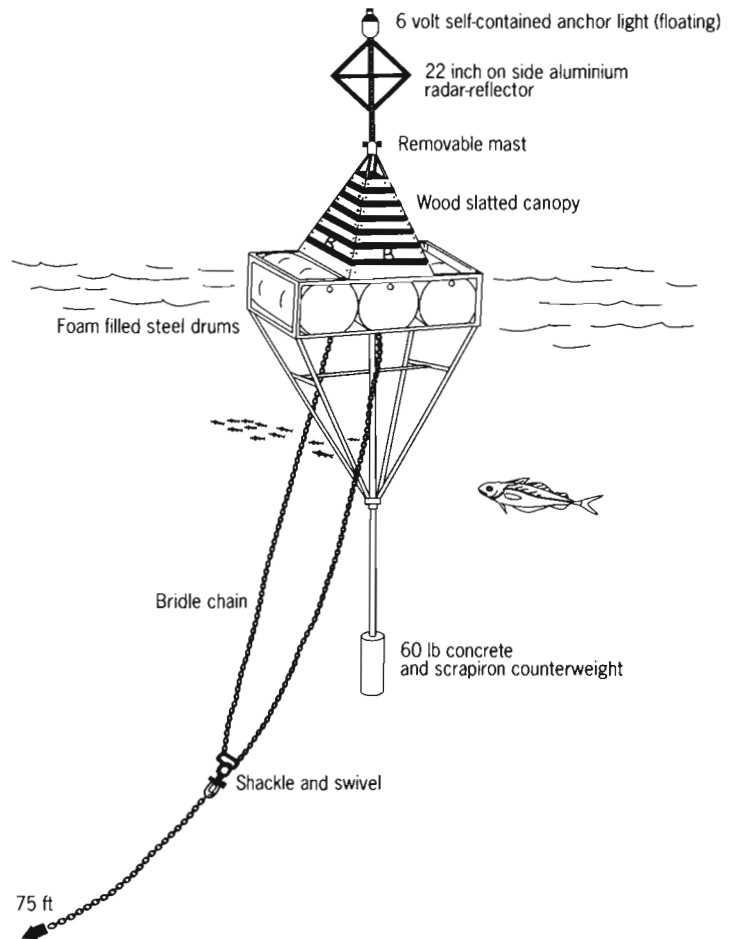
The earliest DAWR FAD system utilized a first-generation Type I raft design that consisted of three foam-filled 200-liter drums held together inside a welded steel frame (fig. 1). The upper exposed portion supported a small tower with a radar-reflector and navigation light. A 30-kg concrete counterweight extended directly beneath the raft. The mooring system began with a bridle chain attached to the raft that allowed the

counterweight to swing through freely. The bridle chains joined together below the counterweight and continued down on a single length of chain another 18 metres. Sixteen-millimetre polypropylene line then extended down from the end of the bridle chain to the seafloor where it was attached to another 18-m section of chain. This last section of chain was then shackled to a 900-kg cement block anchor.

In 1979, three Type I FAD systems were constructed at a cost of approximately US\$ 3,000 each. One system was deployed off Facpi Point, another off Haputo Point, and the third held as a replacement system. Several deployments were conducted using a Coast Guard vessel at no cost to the Government of Guam.

The average lifespan of the Type I system was 66 days. Actual time on station ranged from a minimum of 7 days to a maximum of 94 days.

Figure 1
Type I FAD.

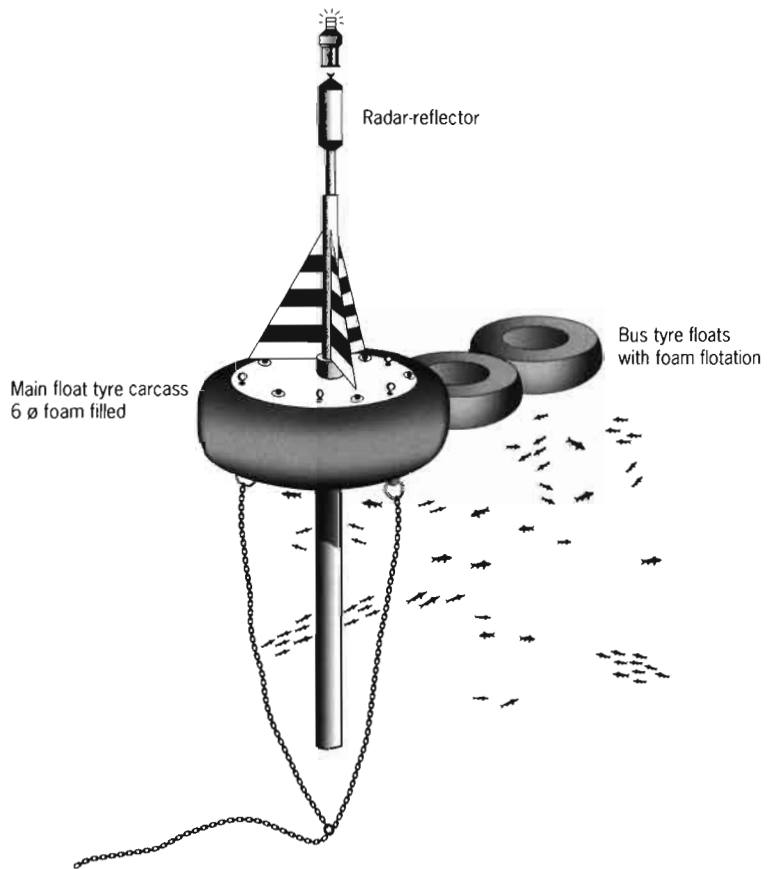


Type II tyre raft design

In 1980, the Type II foam-filled tyre buoy was incorporated into the FAD programme (fig. 2). This raft design was comprised of one large-diameter (1.6-m) foam-filled tyre with two smaller foam-filled tyres attached. The same mooring tackle and navigational configuration were utilized as the Type I. Five of the Type II systems were constructed in 1980 at a cost of approximately US\$ 2,500 each.

The average lifespan of the Type II FAD was approximately 79 days. Actual time on station ranged from a minimum of 15 days to a maximum of 142 days.

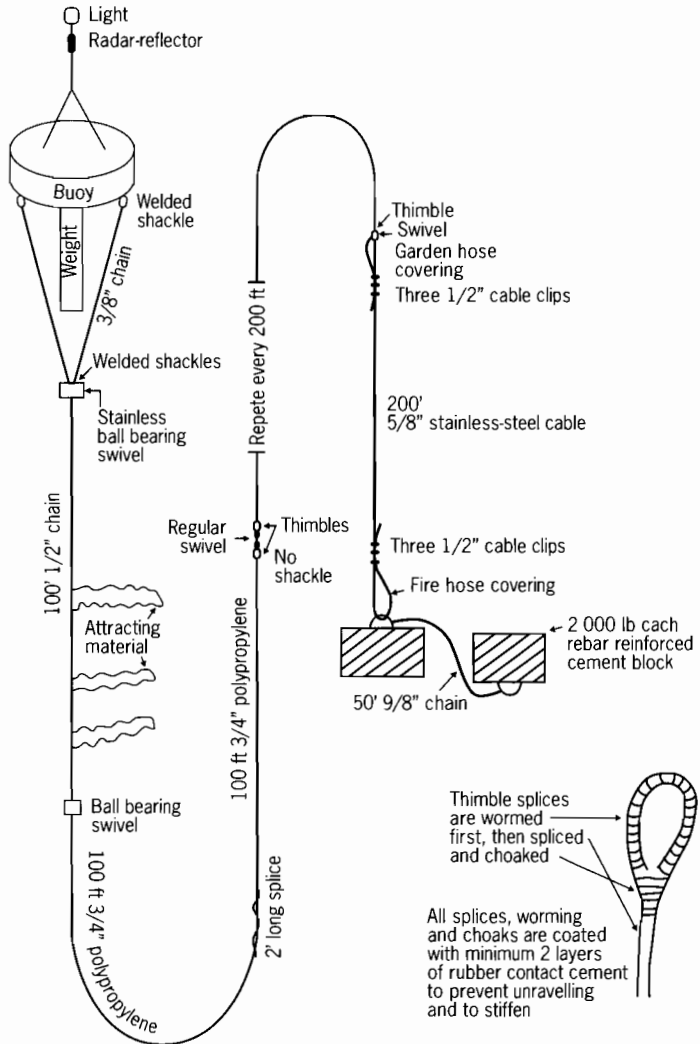
Figure 2
Type II FAD.



Type III "small-tyre" raft design

Four Type III rafts were constructed and deployed in 1981 (fig. 3). This raft design used a smaller tyre casing (1.2-m) in the construction of the raft and thus was referred to as the "small-tyre" FAD raft. Additional modifications included use of 19-mm three-strand polypropylene line, a 1:1.13 scope ratio, 12-mm chain below the raft, stainless-steel cable to

Figure 3
Type III FAD.



attach to the mooring block, fibreglassed or welded shackles, stainless-steel ball bearing swivels, and splices that were whipped and double-coated with thick rubber contact cement. Each Type III FAD system cost approximately US\$ 3,900 to construct.

One of the four small-tyre systems promptly sank after being deployed due to the anchor settling into deeper water than the mooring system was designed to handle. This system aside, the other three Type III systems performed fairly well by remaining on station for an average of 369 days. Actual time on station ranged from a minimum of 226 days to a maximum of 640 days.

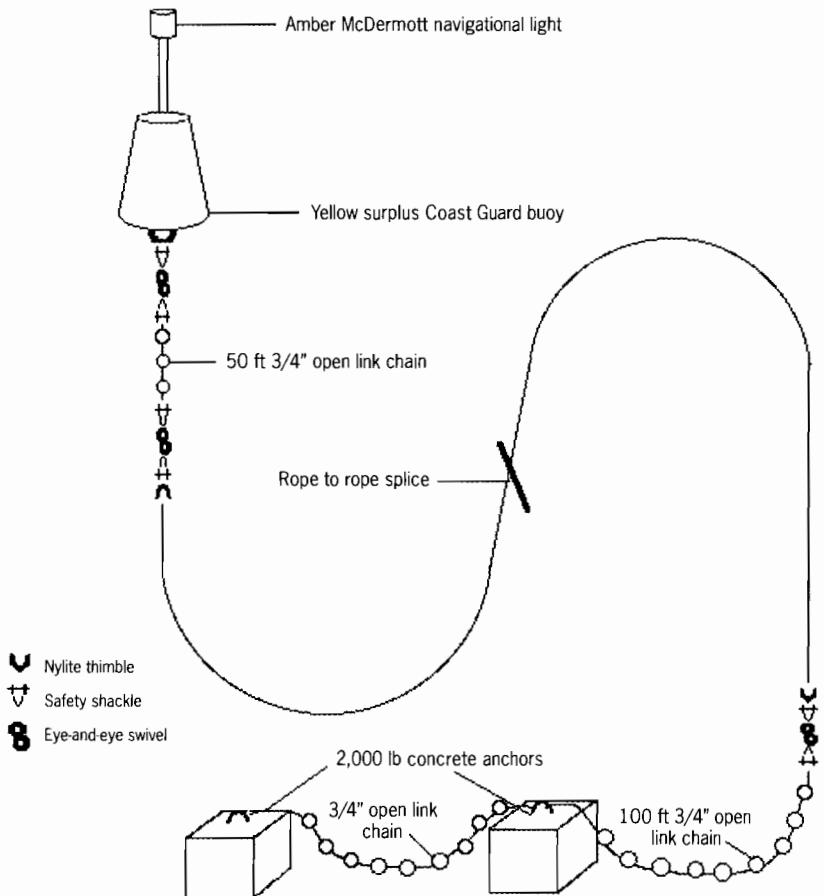
1987-1995

Surplus channel marker nun and can buoys

In 1987, DAWR adopted a second-generation FAD system design similar to that being used in the State of Hawaiian FAD programme during that same period. However, rather than using a spherical buoy, the Guam FAD programme utilized surplus US Coast Guard channel marker can and nun buoys (fig. 4). From 1987 to 1989, FAD project activity primarily concentrated on acquiring system components and contracting necessary services for preparation and deployment of FADs. Actual deployment of the first five of these systems did not occur until 1990.

As recommended in the South Pacific Commission Handbook no. 24, "Design improvements to Fish Aggregating Device mooring systems in general use in Pacific Island Countries" (Boy & Smith, 1984), the five nun and can buoy FADs described above incorporated the catenary loop concept to prevent the mooring line from rising to the surface. Another four such systems were deployed in March, 1992. However, rather than

Figure 4
Nun and can buoy FAD
with two-block anchor.

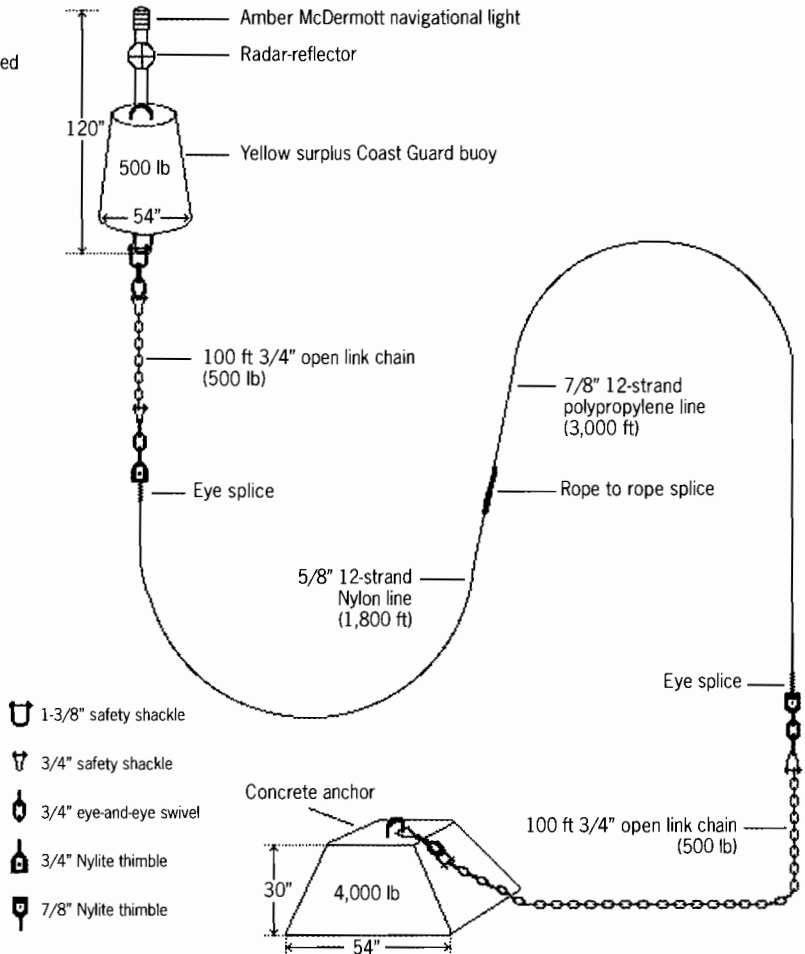


using the single 900-kg anchor block recommended by SPC, DAWR instead continued use of the two-block system in order to deplete an existing inventory of 680-kg anchors. The last two sets of nun and can buoy FADs with double-block anchors were deployed in December, 1992, at the Cocos Island and Facpi Point sites.

Given the additional complications with loading and deploying two-block anchoring systems, as opposed a one-block system, the switch was eventually made to a single pyramid-shaped 1,800-kg anchor after the last of the 680-kg anchors was used (fig. 5). This change resulted in much less troublesome loading and deployment procedures.

By 1993, the average cost to construct and deploy a DAWR FAD increased to US\$ 11,500, largely the result of deployments that were charged a flat rate of US\$ 4,500 per FAD regardless of location. In 1994 and 1995, the average cost per system was cut approximately 25% to about

Figure 5
Nun and can buoy FAD
with single pyramid-shaped
anchor.



US\$8,400 after another tug company was contracted to conduct the deployments based on an hourly rate for equipment and services rather than at a flat rate.

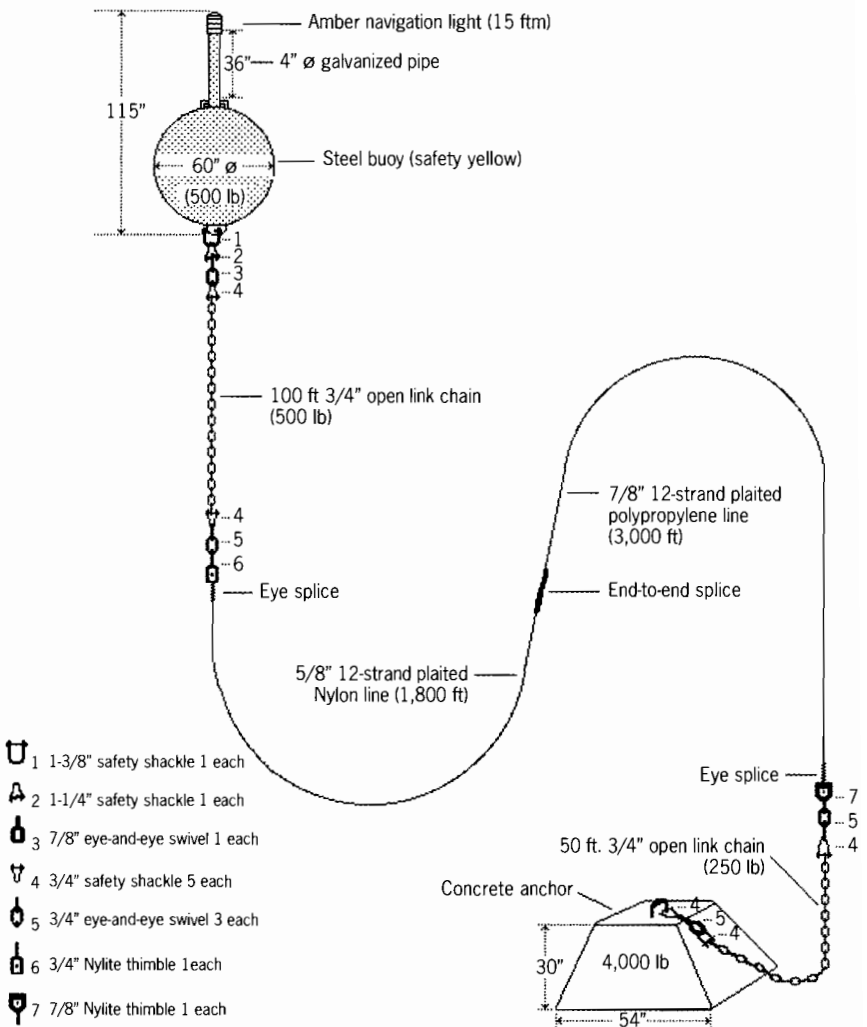
The average time on station for DAWR nun and can buoy FADs was 446 days. Actual time on station ranged from a minimum of 120 days to a maximum of 1,320 days.

1995-Present

Surplus spherical buoys

In 1995, DAWR acquired thirty surplus spherical steel buoys from a scrap yard in Honolulu to replace the depleted inventory of nun and can buoys (fig. 6). These buoys are approximately 1.75 metres in diameter and weigh about 230 kilogrammes. DAWR initially planned to copy

Figure 6
Spherical buoy FAD.



Hawaiian FAD buoy modifications that included the welding of a 1.1 m length of 100-mm diameter galvanized pipe on top of the buoy to serve as the mast for the navigation light, and another length of pipe below to serve as a counterbalance. However, to simplify modification of the newly acquired buoys for FAD use, DAWR experimented with using 15 and 30-m lengths of 19-mm link chain to determine if the weight of the chain, 129 and 258 kg respectively, was sufficient to hold the buoy upright. The results were both lengths of chain held the buoy and light mast with navigation light assembly inserted in a full upright position. Given these results, DAWR was able to forego the additional modification of welding a length of pipe below the FAD buoy to serve as a counterbalance. In addition to making buoy modification procedures less complicated and costly, the absence of the lower length of pipe also made loading and deployment of the buoy less cumbersome and much more convenient.

The average FAD time on station between 1995 and 1998 was approximately 457 days. However, this figure may have been underestimated because several annual figures used in the final calculation included newly deployed FAD lifespans without end dates. Since some of these new systems eventually remained on station for longer periods, a recalculation would likely yield an increased average lifespan.

Indian Ocean rafts

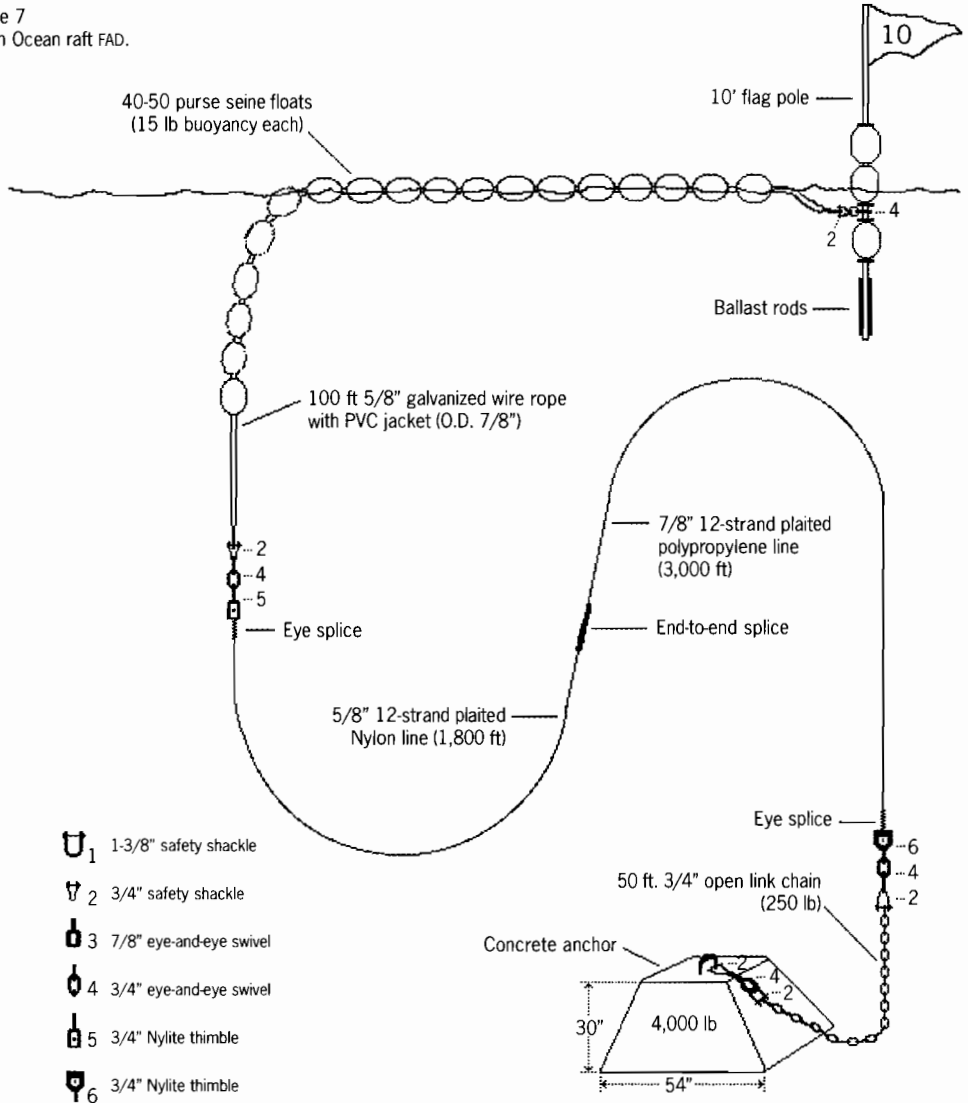
Materials necessary for the construction of ten SPC-recommended Indian Ocean rafts were acquired in 1995 (fig. 7). This low-cost, lightweight and low-resistance design will eventually be incorporated into the DAWR FAD programme once a better end-float is identified or designed to accommodate the US Coast Guard requirement for a navigation light on each system. Up until 1999, DAWR relied on 9-kg battery-powered navigation lights to meet Coast Guard lighting requirements.

The weight and size of these lights make the current SPC-recommended end-float design impractical in terms of securing and supporting this light. Now that twenty 2.6-kg solar-powered lights have been purchased by DAWR, it is likely that a reasonably-priced deepwater spar buoy system will be purchased to secure and support this much lighter navigation light at a practical height above the water.

FAD sites

There are now sixteen operational sites in the DAWR FAD programme (fig. 8). Contrary to the usual practice of setting FADs at least ten miles apart and at the 1,000-fathom depth contour, the majority of the Guam FADs are spaced relatively close together and usually at a depth of 500 fathoms. Given the relatively high number of recreational-subsistence vessels in the troll fleet, and their early demand for more FADs closer to the major launch sites, DAWR gave priority to making more FADs available rather than making a few FADs more productive. DAWR also

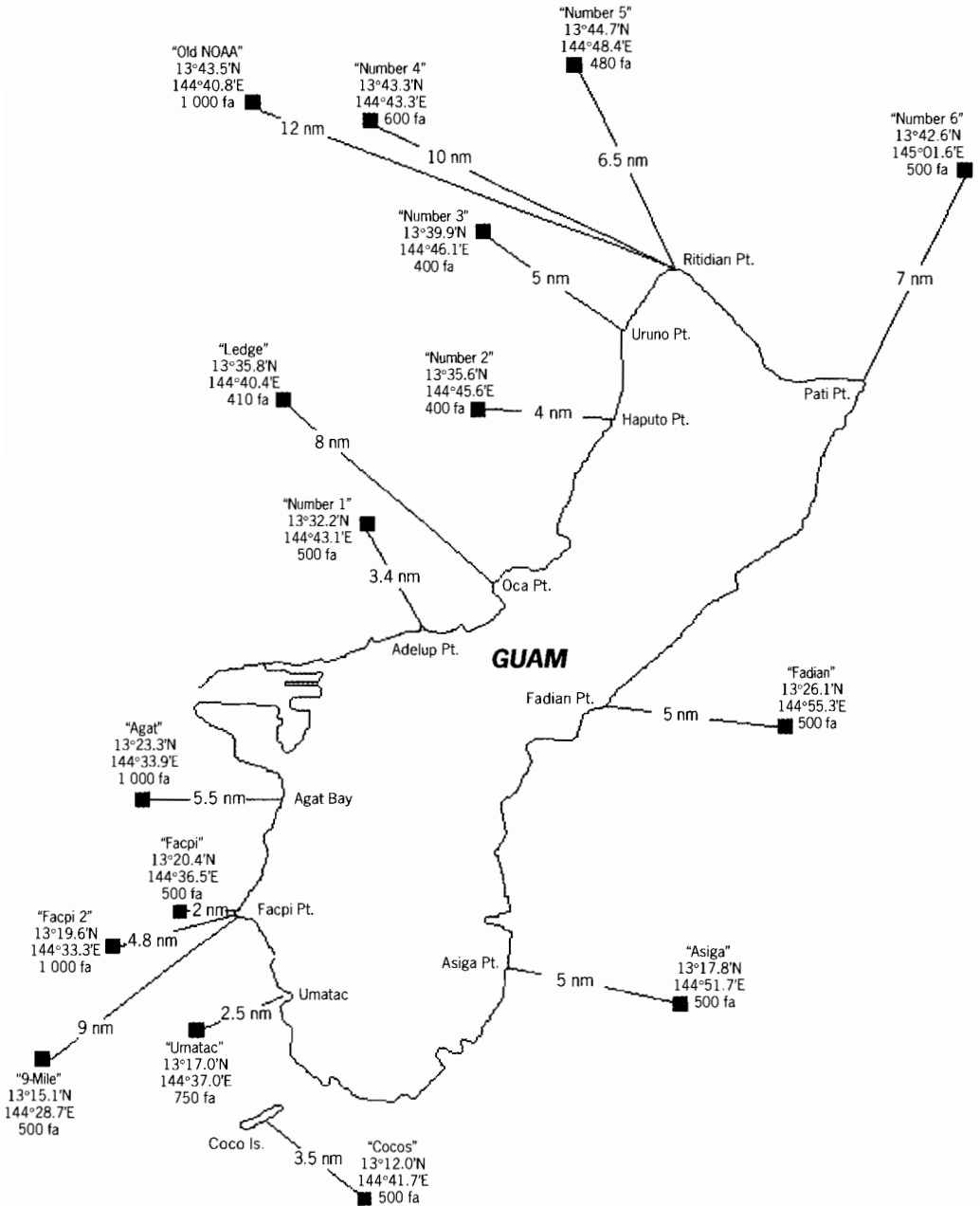
Figure 7
Indian Ocean raft FAD.



responded to requests for FADs in the more-distant and less-frequented areas on the eastern windward side of the island and to the north. The Fadian Point and Asiga FADs were thus deployed for those fishermen favouring the eastern side of the island, while the Pati Point (no. 6) FAD was installed for those choosing to fish the northern portion of the island.

DAWR continues to consider additional FAD sites and annually budgets for the bathymetric surveys of potential new sites. DAWR thus contracts a qualified and properly equipped local charter boat company for two full days of depth sounding services each year. There are several potential new sites currently being considered which will require appropriate

Figure 8
FAD sites.



permission before a FAD can be installed. Conversely, there are a few existing sites that may be eliminated from the programme because the FADs are reported to be non-productive, seldom used, frequently lost and located in areas that make them more expensive to maintain and replace.

FAD losses

Fishbite

Between 1994 and 1999, ten FADs that came off station were eventually recovered. The depth at which the mooring systems failed ranged from 31 m to 721 m, the average being approximately 150 metres. Interestingly, none of the systems failed as a result of a faulty splice or a defective piece of hardware at the top or bottom of the FAD. Fishbite is therefore the likely cause of the majority of FAD system losses based on the depth of the breaks in the line, the appearance of the end strands recovered and the age of the system. This is consistent with studies by Bertheaux and Prindle (1987) that suggest the frequency of fishbite increases as the geographical location of a deep-sea buoy gets closer to the equator. According to their data, two thirds of experimental buoys set within 10 degrees of the equator showed signs of fishbite. However, similar fishbite experiments that compared frequency of fishbites as a function of depth yielded results that indicated peak activity occurred between 900 m and 1,000 m, which is significantly deeper compared to the 150-m average depth for Guam mooring system failures. This is probably due to regional differences in the fish species likely to bite and damage mooring lines and their peak activity depths. The speculation therefore, is that protection of the mooring system from fishbite down to 300 m will possibly result in doubling the average lifespan of most FAD systems.

Corrosion and mechanical wear

If fishbite is the primary cause of FAD losses, especially in the early portion of a system's life, corrosion and mechanical wear of hardware would be the next likely reason as the system gets older. This was the case between 1990 and 1995 when DAWR was still using nun and can buoys for its FAD systems. The relative instability of these buoys resulted in excessive rocking and twisting motions which in turn lead to increased wear of the upper mooring hardware.

Onsite underwater photographs taken in 1995 of a channel marker FAD buoy system, in particular the then nearly two-year-old Facpi Point FAD, clearly documented the dramatic difference in degree of wear between the hardware just below the surface and the hardware 30-m down. Based on the level of wear on the eye-and-eye swivel below the buoy, it was not surprising that these nun and can buoy systems broke off station after two to four years. In fact, two such systems, the Adelup Point and Haputo Point FADs deployed in March 1992, came off station after 24 and 25 months respectively. Two other similar systems, the Cocos Island and Facpi Point FADs deployed in December, 1992, broke off after 38 and 44 months respectively.

DAWR addressed the problem of premature losses due to corrosion and mechanical wear of the uppermost hardware by switching to larger diameter hardware. Thus, rather than the 19-mm safety shackles and

eye-and-eye swivel previously used to connect the buoy to the upper chain, DAWR now uses a 35-mm or 30-mm safety shackle, followed by a 22-mm swivel and a 19-mm shackle, to connect to the 19-mm chain.

Streamlining costs and effort

At a current cost of approximately US\$ 10,000 per system, concern for the rising costs of replacing and maintaining FAD systems has prompted DAWR to investigate alternative FAD replacement and maintenance strategies. Several cost-cutting measures include standardization of FAD site depths and the use of reliable long-life solar-powered navigation lights to reduce the number of maintenance trips required annually.

Prefabricated 500 and 1,000-fathom mooring systems

Efforts to standardize site depths to 500 and 1,000 fathoms in recent years have made it possible to maintain an inventory of backup systems which in turn allows for immediate replacement of a FAD that has come off station. For example, the Facpi Point FAD recovered on August 27, 1996, was redeployed the following day on August 28. In the past, mooring systems were essentially custom built for each site. Considerable effort and time were required to measure out the lengths of line needed, before tackling splicing and eventual faking of the mooring system into the deployment container. These time-consuming procedures are still necessary for those sites with depths not equal or close to 500 or 1,000 fathoms. On the other hand, prefabricated (pre-measured,-spliced and-faked) mooring systems boxed and palletized at the factory, have allowed for readily-available mooring systems that are quite convenient to store, prepare, load, transport and deploy.

Battery-powered versus solar-powered navigation lights

Prior to 1999, the Guam FADs utilized battery-powered navigation lights that required replacement every 4 to 6 months. At approximately US\$ 250 for each light unit and about US\$ 150 per battery pack, the estimated costs over a two-year period would amount to around US\$ 850 for just the light and batteries. However, this figure does not include the cost of hiring a commercial vessel to transport DAWR staff and equipment to the FAD site to conduct maintenance procedures. In most cases, light replacements are made on the same day a FAD deployment in the area is conducted, and therefore, the need for additional voyages for the sole purpose of replacing navigation lights are kept to a minimum. However, such "maintenance only" voyages, although infrequent, still occur because scheduled light changes do not always coincide with an upcoming FAD deployment. Such trips increase the total cost of maintaining a FAD with a battery-powered navigation light by approximately US\$ 350 each occurrence.

To address this concern, DAWR acquired 20 solar-powered navigation lights in 1999 to replace the battery-powered lights presently in use.

Costing less than US\$ 300 each, these lights are purported to have a lifespan of up to eight years. If the solar-powered lights meet expectations, DAWR could realize a significant reduction in the expenses associated with maintenance of navigation lights because the procedure may be reduced to annual test inspections and cleaning of bird droppings off the solar panel on the top of the light.

Recommendations

Improvements to the DAWR FAD programme in the future will focus on making the upper 300 metres of the mooring system invulnerable to fishbite and converting to the SPC-recommended Indian Ocean raft design to replace the spherical metal buoy presently being used. DAWR is thus considering use of a 300-m length of thick-strand 16-mm, or thicker, stainless-steel cable to connect directly to the spherical buoy currently being used. Although this may serve well to make the FAD less vulnerable to fishbite, it is not certain whether this length of cable can also serve to replace the Nylon line in the catenary curve. Another concern is whether the thick-strand cable will alter deployment procedures considerably. In addition, DAWR will eventually explore the possibility of incorporating this length of stainless-steel cable to string the floats of the Indian Ocean raft.

Other minor improvements include the attachment of plastic strapping appendages to the upper mooring chain, affixing radar-reflectors to the spherical buoy light masts, and a switching from lantern-battery-powered navigation lights to solar-powered lights.

Bibliographic references

- Anon., 1998. Pelagic fisheries of the Western Pacific. 1998 Annual Report. Appendix 2. Territory of Guam, Western Pacific Regional Fishery Management Council, Honolulu, Hawaii. Draft Rep., 2-37.
- Berteaux H.O., Prindle B., 1987. Deep-sea moorings fishbite handbook. Woods Hole Oceanographic Institution, WHO-87-8, Woods Hole, Massachusetts.
- Boy R.L., Smith B.R., 1984. Design improvements to Fish Aggregating Device (FAD) mooring systems in general use in Pacific Island Countries. SPC, Noumea, New Caledonia. SPC Handb., 24.

Session 3

Méthodes de pêche associées aux DCP

FADs fishing methods

Proposition d'une nouvelle technique de pêche du thon noir (*Thunnus atlanticus*) sous les DCP en Martinique

Marc Taquet^(1, 2), Martial Laurans⁽¹⁾, Lionel Reynal⁽¹⁾, Alain Lagin⁽¹⁾

(1) Ifremer, délégation des Antilles, Drv/rh, Pointe-Fort, 97231 Le Robert, Martinique
Marc.Taquet@ifremer.fr

(2) École pratique des hautes études, ESA 8046 Éphé-CNRS,
52 av. de Villeneuve, 66860 Perpignan Cedex, France

Abstract

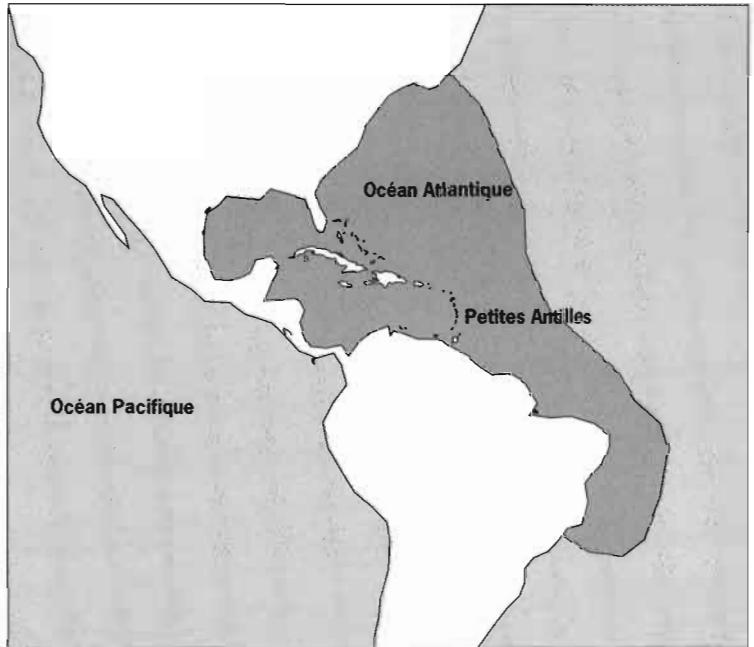
The length frequency distribution of blackfin tunas (*Thunnus atlanticus*) shows a significant difference between fish caught with a longline during Ifremer experimental surveys and fish landed by fishermen who exploit Martinican FADs. The fishing technique used could probably explain such a result. In fact, diving surveys have confirmed the presence of great concentrations of adult blackfin tunas under FADs. Big individuals stay during long periods between 20 and 50 m under the FAD while small ones go up to the surface to feed on little flying fish, at dawn principally. The bait and the line used at the moment around martinican FADs do not fit to adult blackfin tunas fishing. From these observations and following the tests realized by Ifremer in la Réunion in 1990, we proposed to Martinican fishermen to test a new technique based on the utilization of live bait locally called "coulirous" (*Selar crumenophthalmus*). In Réunion Island, this technique has been successful. Live baits are hooked on a vertical longline. In Martinique, the tests to catch live bait during the night near the shore have been already successful and the first fishing experiences with vertical line are also encouraging. This paper aims at proposing and transferring this technique to martinican fishermen but technical exchanges and discussions are needed to improve this new fishing technique.

Introduction

Le thon noir (*Thunnus atlanticus*) est une espèce dont la répartition est limitée à l'Atlantique Centre-Ouest (fig. 1). De ce fait, sa production mondiale est particulièrement faible comparée à celles des autres thonnidés. Il constitue néanmoins une des ressources pélagiques importantes pour les flottilles de proximité de toute la région caribéenne. Son comportement pélagique, parfois très côtier, le rend accessible à plusieurs types d'exploitation : à la senne de plage, à la palangre dérivante ou encore à la ligne de traîne. Des concentrations sont fréquemment observées à proximité des hauts-fonds et également plus au large, autour des dispositifs de concentration de poissons (DCP). La taille

maximale rapportée pour l'espèce est de un mètre de longueur à la fourche pour un poids de 19 kilogrammes. Pendant deux années, d'octobre 1995 à octobre 1997, 25 campagnes de pêche expérimentale, de 7 jours chacune, ont été conduites par l'Ifremer autour de la Martinique (Taquet *et al.*, 1998). Ces campagnes avaient pour objectif d'étudier les ressources en grands poissons pélagiques accessibles autour des DCP implantés dans les eaux proches de la Martinique.

Figure 1
Carte de répartition du thon noir (*Thunnus atlanticus*).

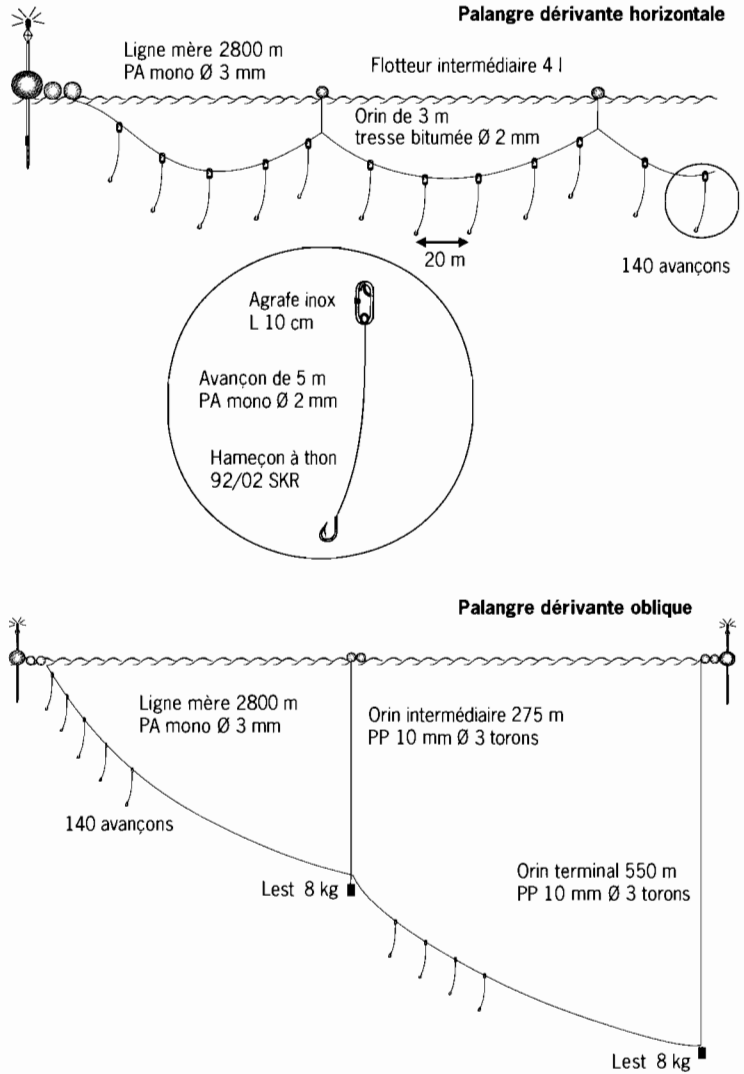


Matériel et méthodes

Divers engins de pêche ont été mis en œuvre, de jour comme de nuit, et des prospections systématiques ont été opérées à l'aide d'une palangre dérivante expérimentale. Cette palangre était posée horizontalement dans la couche d'eau superficielle (0 à 50 m) lors des calées de nuit. Le jour, un positionnement oblique permettait de prospecter entre la surface et 600 m de profondeur (fig. 2). Plusieurs appâts ont été testés, poissons volants, « balaous » (hémiramphidés), petites carangues mais, pour des raisons de disponibilité, le calmar congelé a été le plus souvent utilisé. Le thon noir a été l'espèce la plus fréquente dans les captures expérimentales à la palangre. Les meilleurs résultats ont été obtenus lors des calées de nuit dans la couche superficielle (0 à 50 m) avec un pic de capture proche du lever du jour.

Parallèlement, des observations sous-marines effectuées de jour au cours des mêmes campagnes ont révélé, à plusieurs reprises, des concentrations importantes de thons noirs sous les DCP. Les bancs observés sous les DCP

Figure 2
Schéma des palangres dérivantes expérimentales utilisées par l'Ifremer.

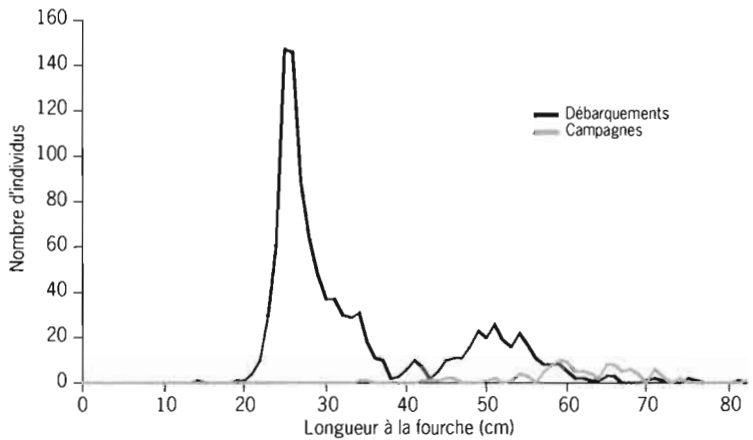


n'étaient pas constitués d'individus de taille homogène. Les petits individus semblaient se rapprocher plus près et plus fréquemment de la surface, les plus gros étant plus souvent observés entre 30 et 50 m de profondeur. Ces bancs apparaissaient et disparaissaient à plusieurs reprises au cours d'une même journée, lors de migrations verticales relativement rapides. De nouvelles observations sous-marines, réalisées au début de l'année 1999, ont confirmé la présence, à certaines périodes, de grandes concentrations de thons noirs sous les DCP.

Pour compléter la base de données biologiques sur les grands poissons pélagiques présents dans les eaux martiniquaises, un suivi des débarquements est opéré sur une base bihebdomadaire depuis le mois de mai 1998. Les mensurations effectuées permettent une comparaison

entre la fréquence des tailles des thons noirs débarqués par les professionnels et celle enregistrée lors des pêches expérimentales à la palangre (fig. 3). La majorité des captures des professionnels est constituée de jeunes thons immatures d'une longueur à la fourche inférieure de 40 cm alors que la palangre expérimentale capture essentiellement des poissons de 55 à 75 cm de longueur à la fourche. Les techniques de pêche utilisées peuvent expliquer en partie cette situation. En effet, lors des observations sous-marines, nous avons constaté que les plus gros thons noirs se tenaient de préférence entre 30 et 50 m de profondeur alors que les petits individus montaient plus fréquemment en surface pour chasser. Cette situation est particulièrement évidente au lever du jour.

Figure 3
Distribution des fréquences de tailles du thon noir (*Thunnus atlanticus*) pêché sous les DCP martiniquais, respectivement par les professionnels (débarquements) et lors des pêches expérimentales (campagnes).

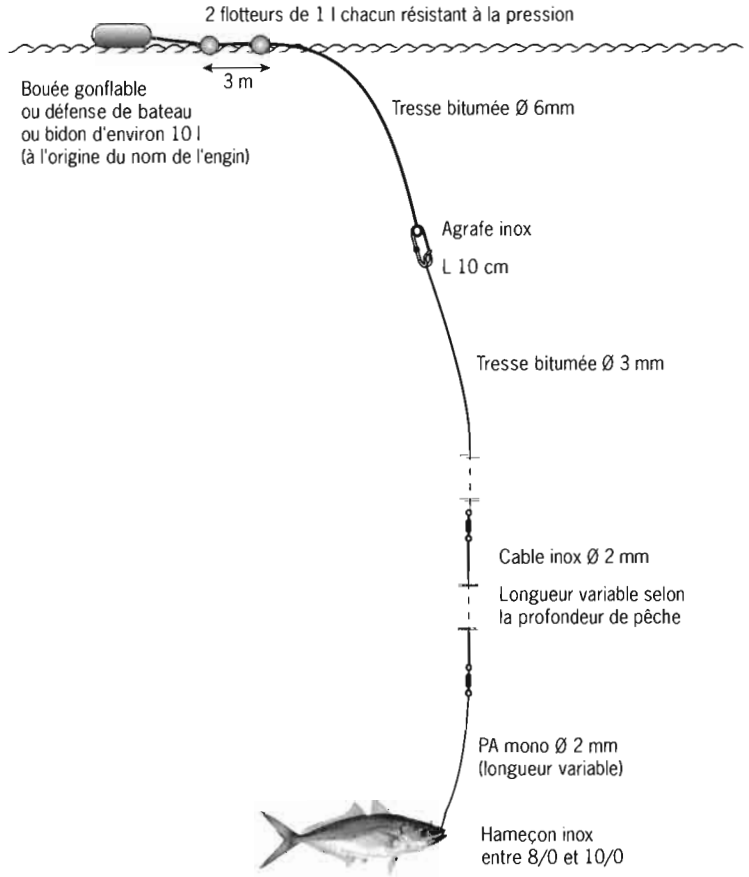


Les principales techniques de pêche actuellement utilisées sous DCP, la traîne et la pêche au « bidon », ne sont pas bien adaptées à la capture des thons noirs adultes. La traîne s'effectuant juste sous la surface, les leurres ne peuvent pas être attractifs pour des poissons situés plusieurs dizaines de mètres plus bas. Le « bidon », ligne dérivante verticale munie d'un seul hameçon (fig. 4), est appâté avec une bonite ou un petit thon vivant généralement trop gros pour espérer capturer un thon noir qui se nourrit habituellement de proies plus petites. De plus, les tailles des hameçons, des fils et des câbles composant les « bidons » correspondent à des espèces cibles de taille plus importante, notamment les marlins et les gros albacores.

Méthodes de pêche proposées

Bien que la palangre horizontale ait donné de bons résultats lors des pêches expérimentales, il n'est pas envisageable de recommander le développement de cette technique autour des DCP ancrés. En effet, compte tenu des difficultés de mise en œuvre et de la surface balayée, cet engin n'est pas compatible avec une utilisation collective du DCP. La palangre verticale a été expérimentée par l'Ifremer en 1990 autour

Figure 4
Schéma du « bidon »,
ligne dérivante utilisée
pour la capture
des grands poissons
pélagiques sous DCP.



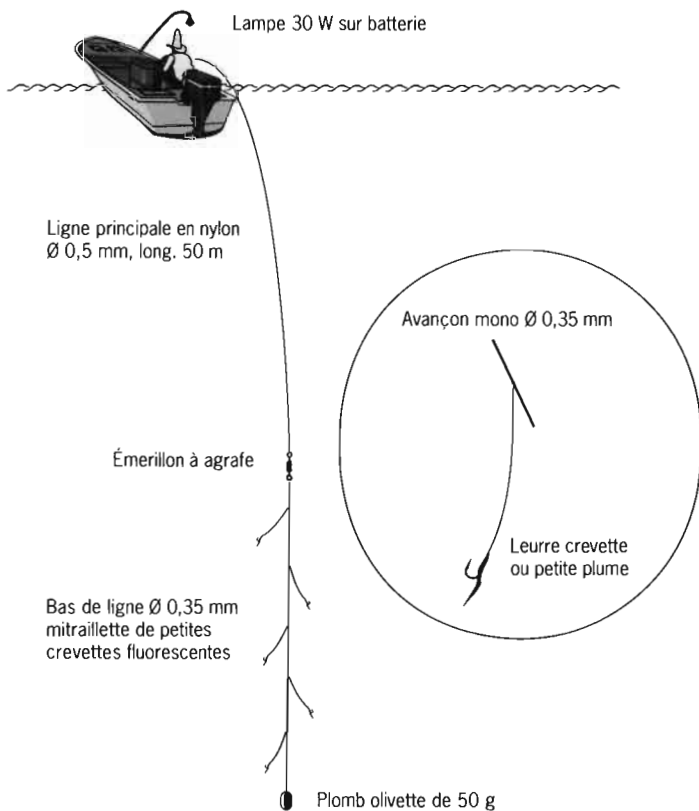
des DCP à la Réunion (océan Indien). Elle a donné de bons résultats qui ont conduit à son adoption par les pêcheurs locaux. Dans cette île, l'existence d'une pêche traditionnelle d'un petit carangidé côtier appelé « pêche cavale » (*Selar crumenophthalmus*) a largement influencé le choix de l'appât. Deux techniques permettent de capturer le « pêche cavale » à la Réunion. Il est pêché soit de nuit à la palangrotte à l'aide d'un foyer lumineux (en période de nouvelle lune), soit de jour à la senne de plage. Les premiers essais d'utilisation de cet appât vivant ont été opérés sous les DCP réunionnais dès 1990, au cours de pêche en dérive, puis avec des palangres verticales, au cours de pêches expérimentales. À partir du plan de base testé par l'Ifremer, les professionnels réunionnais ont effectué une mise au point de l'engin qui est devenu rapidement opérationnel. La palangre verticale s'est également développée autour des DCP dans le Pacifique Sud grâce aux technologues des pêches de la commission du Pacifique Sud (CPS) qui ont recommandé son usage. Un manuel, disponible en français et en anglais, consacré à cette technique performante est édité par le secrétariat de la communauté du Pacifique (Preston *et al.*, 1999).

À partir de ces expériences réussies, il est proposé aux pêcheurs martiniquais de tester l'utilisation d'une palangre verticale appâtée avec des « coulirous » vivants (*Selar crumenophthalmus*), espèce également présente en Martinique.

Pêche de l'appât

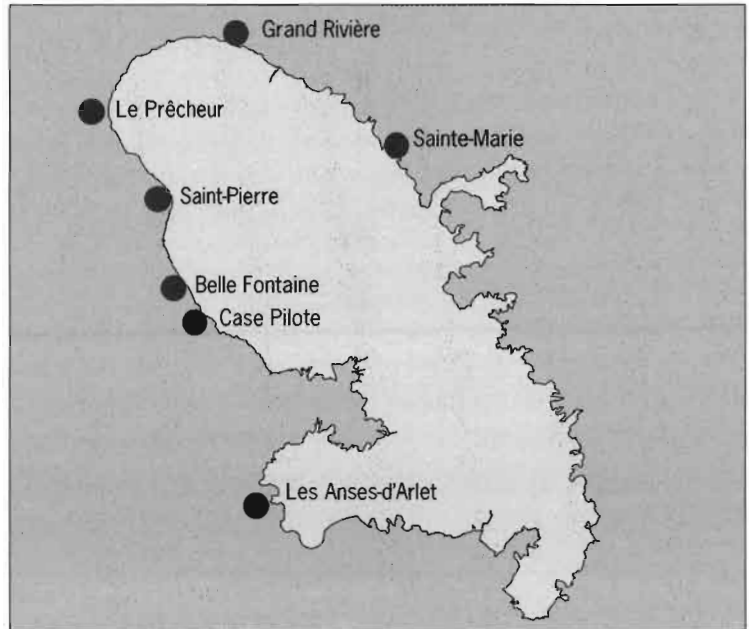
Des essais de pêche de « coulirous » ont été réalisés en 1997 dans le cadre des pêches expérimentales. Des résultats satisfaisants ont été obtenus dans la baie de Saint-Pierre sur des fonds compris entre 15 et 30 m avec une palangrotte comparable à celle utilisée à la Réunion (fig. 5). La pêche doit s'effectuer de nuit en période de nouvelle lune ou, à défaut, lorsque la lune est soit couchée, soit pas encore levée. Un éclairage électrique de 30 W sur batterie fournit le halo lumineux suffisant pour la concentration des « coulirous » à proximité du bateau. Le bateau peut être ancré dans une zone propice ou mis en dérive si les conditions (vent et courant) sont favorables. La ligne est « dandinée » à différentes profondeurs entre la surface et le fond afin de définir la meilleure profondeur de capture. La pêche à la senne peut constituer une autre source d'approvisionnement possible de « coulirous » vivants. En effet, bien qu'il s'agisse d'une activité halieutique en régression en Martinique, il existe toujours une pêche active à l'aide de cet engin sur l'espèce dans certaines régions de

Figure 5
Palangrotte utilisée
pour la capture de l'appât
vivant.



l'île, notamment à Grand Rivière, au Prêcheur, au Carbet, à Belle Fontaine, aux Anses-d'Arlet et à Sainte-Marie (fig. 6). Les sennes utilisées sont de différents types (avec ou sans poche) suivant les localités. Leurs longueurs varient également nettement de 100 à 1 000 m suivant les régions et leurs hauteurs sont généralement définies en fonction des sites d'exploitation (Taconet, 1986). Une description précise des différentes sennes et techniques en usage en Martinique pour la pêche des petits poissons pélagiques a été réalisée par l'Ifremer (Guillou & Lagin, 1997). L'achat et le stockage d'appât vivant en vivier en mer peuvent constituer une alternative intéressante, au moins pour la phase de test de cette technique en Martinique. Le stockage de petits poissons pélagiques en vivier est d'ailleurs déjà pratiqué par quelques maîtres senneurs qui conservent ainsi, sur une courte durée, une partie de leurs captures non commercialisées le jour de la pêche. Les viviers utilisés sont construits à l'aide de flotteurs de planches à voile réformées, supportant un bâti métallique servant d'armature à une cage en filet.

Figure 6
Principales zones de pêche
à la senne en Martinique.



Transport et conservation de l'appât vivant à bord

Pour être efficace, l'appât doit être conservé vivant jusqu'à son utilisation sur la ligne à thons. Pour cela, le transport doit être assuré dans un vivier en rapport avec la taille de l'embarcation. Des fûts en matière plastique (200 l) d'usage courant en Martinique ou encore de petits viviers en plastique, de forme rectangulaire mieux adaptée pour les yoles, peuvent être utilisés.

Ces viviers, partiellement remplis pour éviter les débordements doivent comporter une arrivée d'eau et une évacuation pour favoriser le renouvellement et l'oxygénation de l'eau de mer. Le renouvellement de l'eau

du vivier peut être assuré soit manuellement à l'aide d'une écope à bord des petites embarcations, soit par une pompe électrique alimentée par une batterie de 12 V sur les plus grosses unités. Lors des déplacements rapides, un tuyau utilisant l'énergie de propulsion de la yole peut être utilisé pour le renouvellement de l'eau. La proximité des lieux de pêche de l'appât vivant et des DCP, notamment sur la côte Nord-Caraïbe, est un atout supplémentaire pour le développement de cette technique.

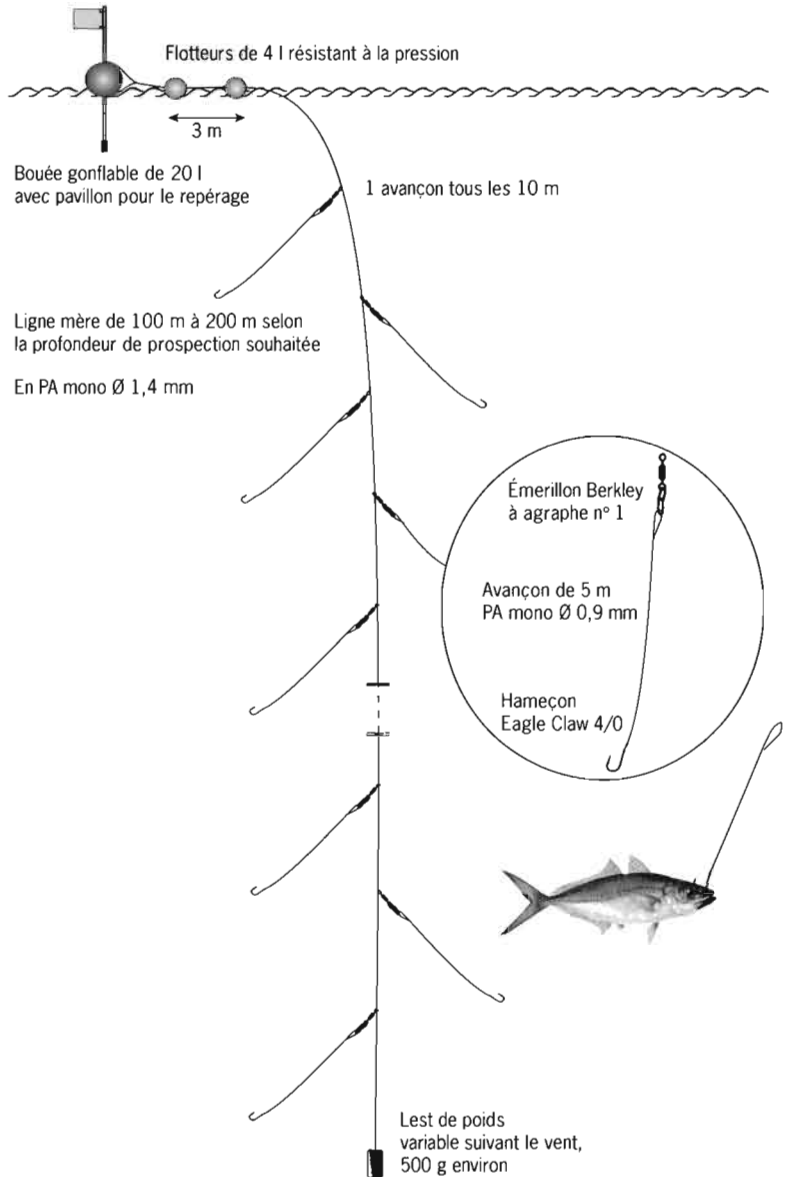
Palangre verticale pour la pêche du thon noir

Le DCP concentre le poisson dans un volume donné. La probabilité de présence des concentrations est maximale dans les zones proches du DCP sur le plan horizontal. Par contre, dans la troisième dimension (profondeur), la localisation des poissons est difficile à prévoir compte tenu des mouvements verticaux sporadiques observés. Pour cette raison, nous encourageons l'utilisation de palangres verticales permettant, avec plusieurs bas de lignes, d'explorer différentes profondeurs (fig. 7). La palangre verticale permet d'explorer la zone de 10 à 200 m, dans laquelle s'inscrit totalement la zone d'observation des thons noirs. Les caractéristiques des composants sont données à titre indicatif car une adaptation progressive de l'engin doit être faite par les professionnels. Le choix d'une ligne mère en monofilament permet le montage d'avancés relativement courts, plus faciles à manipuler, sans perte d'attractivité pour l'engin. L'utilisation d'un sondeur performant devrait permettre d'accroître sensiblement les rendements des pêcheurs autour des DCP. D'une part, les thons peuvent être détectés directement par les échos qu'ils produisent sur l'écran et, d'autre part, les travaux récents, effectués en Polynésie française notamment, ont montré l'association fréquente des thons avec la couche diffusante généralement observable au sondeur (Josse *et al.*, 1998). Les détections directes ou la profondeur de la couche diffusante fournissent donc des indications pertinentes pour le calage des lignes à la bonne profondeur.

Pêche en dérive à l'ancre flottante

Pendant la dérive des palangres verticales, le temps disponible peut être mis à profit pour la pêche en dérive avec des lignes à main. Cette technique est encore très peu utilisée en Martinique alors qu'elle constitue la principale technique de pêche autour des DCP dans d'autres régions comme à la Réunion notamment et dans beaucoup d'îles de la région du Pacifique Sud (Désurmont, 1996). Pour que les lignes travaillent bien en profondeur, il est nécessaire d'annuler la dérive due au vent, pour pouvoir appâter la masse d'eau située autour des lignes. Ainsi, les lignes dérivent à la même vitesse que l'appât. La pêche « bout au vent », qui consiste à annuler l'effet de la dérive due au vent en ramant, est largement répandue en Martinique pour la capture des poissons de fond comme le vivaneau ou des grands poissons pélagiques (Guillou & Lagin, 1997). Mais elle mobilise un homme d'équipage qui doit ramer en

Figure 7
Schéma de la palangre
dérivante verticale
pour la pêche du thon noir
(*Thunnus atlanticus*).



permanence. Une solution consiste à utiliser une grosse ancre flottante qui peut être de confection artisanale, sa dimension doit être adaptée au tirant d'air de l'embarcation (fig. 8). L'utilisation du parachute pour la pêche en dérive est également recommandée par les technologues de la CPS dans le manuel des pêches déjà cité. Notons que la pêche à la ligne en dérive peut cibler les individus adultes de plusieurs espèces (albacore, patudo, thon noir, germon). Les caractéristiques des lignes et des hameçons doivent être adaptées à la taille de l'espèce recherchée.

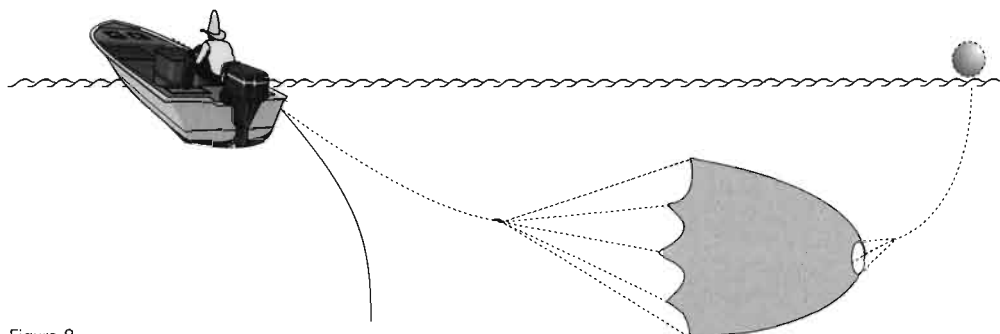


Figure 8
Pêche en dérive à l'ancre
flottante.

Sécurité des hommes

Nous devons insister sur la nécessité absolue d'équiper ces palangres verticales d'avançons détachables et de désagrafer systématiquement les avançons de la ligne mère lors du virage de l'engin à bord, même en l'absence de prise. En effet, jusqu'à la sortie de l'eau du dernier hameçon, il est toujours possible d'avoir une touche de la part d'un gros poisson. Dans ce cas, une ligne comportant encore ses avançons agrafés constituerait un réel danger pour tout l'équipage de la yole. Par ailleurs, les viviers utilisés doivent avoir des dimensions appropriées, en adéquation avec la taille de l'embarcation de pêche.

Sécurité des DCP

Les palangres verticales représentent également un danger pour les DCP car des emmêlements sont toujours possibles lorsque la trajectoire de dérive de l'engin passe trop près du dispositif. L'alignement des bouées en surface ne donne pas toujours le bon axe de dérive car l'effet du vent sur ces bouées peut être significatif. Il est donc préférable d'observer l'axe des premières bâches qui ne sont soumises qu'à l'effet du courant. Ces bâches fournissent une indication pertinente de la direction du courant. Une distance de sécurité doit donc être respectée afin de ne pas risquer de détériorer la ligne de mouillage du DCP.

Discussion

Aspect halieutique

Les DCP ancrés et dérivants sont souvent signalés comme des dispositifs favorisant la capture des poissons immatures. Si l'effet agrégatif fort des objets flottants pour les jeunes thons n'est plus à démontrer, les techniques de pêche mises en œuvre peuvent probablement masquer des potentialités de pêche des adultes. En effet, pour la majorité des thons tropicaux (*Thunnus albacares*, *Thunnus obesus*, *Thunnus atlanticus*, *Katsuwonus pelamis*) que nous avons pu observer sous les DCP dans le sud-ouest de l'océan Indien et en Caraïbe, les jeunes poissons se tenaient en général plus près de la surface que les adultes. Or, les techniques de pêche de surface étant plus faciles à mettre en œuvre, on peut s'attendre à ce qu'elles soient plus efficaces sur cette portion du stock. La composition

en taille des captures de thons tropicaux effectuées sous DCP peut ne pas être représentative des poissons réellement présents sous ces dispositifs. En conséquence, une évolution des techniques de pêche vers des engins comme les palangres verticales, qui prospectent des couches plus profondes, pourrait permettre d'orienter l'effort de pêche sur les plus gros poissons.

Considérant que la taille de première maturité du thon noir est proche de 45 cm (Taquet *et al.*, 1998), la proportion en nombre d'individus dans les débarquements des pêcheurs sous DCP est de 74 % d'immatures. En poids, la proportion s'inverse : 70 % du tonnage est constitué d'individus matures. La présence de gros thons noirs, révélée à la fois par les pêches expérimentales et par les observations sous-marines, laisse entrevoir des possibilités d'amélioration de la proportion de gros poissons (plus de 55 cm) de cette espèce dans les captures des professionnels avec l'engin proposé.

L'utilisation de « coulirous » comme appât vivant autour des DCP présente plusieurs avantages :

- une réduction de la pression de pêche sur les juvéniles de thons fréquemment capturés pour servir d'appât sur les « bidons ». Les « coulirous » adultes remplaceront pour partie ces petits thons. Ils ne pourront toutefois pas les remplacer totalement car ces petits thons vivants restent un appât privilégié pour la capture des poissons à rostre (marlins...) et des très gros albacores ;
- la possibilité pour les pêcheurs d'avoir des lignes en dérive, efficaces à l'eau, avant le lever du jour. Cela n'est pas possible actuellement puisque les petits thons commencent à mordre généralement à l'aube.

On peut raisonnablement avancer que le développement de la pêche du thon noir ne présente pas de risque immédiat pour cette ressource. En effet, le thon noir est une des rares ressources halieutiques encore peu exploitées. Sa répartition géographique limitée et sa biologie ne le positionnent pas en espèce cible de la pêche industrielle.

Conclusion

Les résultats obtenus lors des pêches expérimentales de « coulirou », de nuit à la palangrotte, montrent que l'appât vivant est disponible pour le développement de cette nouvelle technique de pêche du thon noir sous DCP. L'approvisionnement et le maintien en vivier d'appât vivant, provenant de la pêche à la senne, sont également une alternative intéressante. L'effort devrait porter désormais sur la mise au point d'un équipement simple et bien adapté à la conservation de l'appât vivant à bord des petites embarcations. Une étude technique effectuée en partenariat avec des constructeurs de barques martiniquaises pourrait permettre de trouver rapidement des solutions techniques.

Quelques essais de pêche, avec la technique proposée, ont été réalisés par des professionnels ; les premiers résultats sont encourageants. D'autres essais doivent cependant être entrepris dans les prochains mois avant de

pouvoir conclure sur la bonne adaptation de cette nouvelle technique au contexte halieutique martiniquais. Mais le test d'un nouvel outil constitue toujours une perte de temps, et donc d'argent, pour un professionnel. L'intérêt collectif à long terme de pouvoir disposer d'un ensemble d'outils d'exploitation efficaces se heurte là à l'intérêt individuel d'une nécessaire productivité immédiate. Cette situation doit amener à s'interroger sur la nécessité de disposer d'une structure relais, capable d'assurer le transfert technique vers la profession. Les DCP permettent de maintenir l'activité et d'améliorer les gains des pêcheurs mais leur gestion, directe et indirecte (régulation d'accès, règles d'usage, adaptation des techniques), doit être organisée en même temps que se développe la technique.

Dans l'histoire des pêches à l'échelle mondiale, la diffusion de l'information sur les techniques a souvent joué un rôle déterminant dans la capacité des États à exploiter leurs ressources marines. La dissémination des DCP depuis le début du XX^e siècle n'échappe pas à cette règle. Le partage d'information et l'intensification de la collaboration technique entre les professionnels et les gestionnaires des pêches des différentes régions insulaires tropicales pourraient permettre de faire progresser efficacement l'exploitation rationnelle des grands poissons pélagiques, dans l'intérêt des populations maritimes concernées.

Références bibliographiques

- Désurmont A., 1996. Drift fishing with live atule. *FAD Inf. Bull.*, CPS, Noumea, 2, 18-19.
- Guillou A., Lagin A., 1997. Engins et techniques de pêche de la Martinique. *Ifremer Martinique, Drv/rh 97/10*, 215 p.
- Josse E., Bach P., Dagorn L., 1998. Simultaneous observations of tuna movements and their prey by sonic tracking and acoustic surveys. *Hydrobiologia*, 371/372, 61-69.
- Preston G.L., Chapman L.B., Watt P.G., 1999. La pêche à la palangre dérivante et autres méthodes de pêche autour des dispositifs de concentration de poissons (DCP) : manuel à l'intention des pêcheurs. Secrétariat général de la communauté du Pacifique, Nouméa, 64 p.
- Taconet M., 1986. Étude des caractéristiques de la pêcherie « senne de plage » à la Martinique. Mémoire de fin d'étude, diplôme d'agronomie approfondie en halieutique. *Ensar-Ifremer Martinique, Drv/rh*, 113 p.
- Taquet M., Guillou A., Rageot O., Maguer C., Lagin A., 1998. Grands pélagiques : biologie et optimisation de l'exploitation dans les eaux proches de la Martinique. Rapport final de convention Ifremer-Conseil régional de la Martinique, 96/241, 82 p. + annexes.

Les métiers de la pêche à la Réunion : description et évolution des techniques de pêche sur les DCP

David Roos⁽¹⁾, Emmanuel Tessier⁽²⁾, Philippe Berthier⁽³⁾,
Louis Berthier⁽³⁾

(1) Ifremer, délégation de la Réunion, rue Jean Bertho, BP 60, 97822 Le Port Cedex, Réunion
Ifremer@guetali.fr

(2) Comité régional des pêches maritimes et des élevages marins, 28 rue Maréchal Galliéni,
97420 Le Port Cedex, Réunion

(3) Pêcheurs professionnels, 36 lot. Salines, 97460 Saline-les-Bains, Réunion

Abstract

Since a few years, the catches of pelagic fish by artisanal fishermen of Réunion Island have strongly increased. Manpower and investments have been constant through the maintenance of about 30 FADs all around the island. The traditional techniques of fishing pelagic fishes have been adapted in order to maintain a high level of catches and ensure the income of the fishermen. This report describes different techniques to capture pelagic fish on FADs such as drift fishing, dragnet fishing and longline fishing. Knowledge, professional experience of fishermen are the main factors in setting FADs and sustaining adaptability. The strong relation between the knowledge of the fishermen and the techniques is discussed. Then, the strategies of fishing, influenced by the environmental and seasonal conditions, and the species, are analysed.

Introduction

Longtemps considérée comme une activité marginale, la pêche à la Réunion constitue aujourd'hui un secteur en pleine croissance dont l'évolution depuis environ dix ans révèle des changements profonds. Depuis 1990, les chiffres de débarquement des produits de la pêche réunionnaise, principalement des grands poissons pélagiques (thons, espadons, dorades coryphènes...), témoignent d'une véritable envolée de l'activité halieutique, dans toutes ses composantes. De fait, le secteur des pêches est devenu l'une des préoccupations importantes des gestionnaires et acteurs du développement local.

Avec des captures estimées à 7 600 t, pour un chiffre d'affaires de 144 millions de francs en 1996, la pêche réunionnaise occupe aujourd'hui plus de 600 marins professionnels et contribue à créer des emplois indirects, en amont et en aval de l'activité de capture.

Ainsi, la dynamique de développement de la petite pêche résulte d'un certain nombre de facteurs favorables : des potentialités en ressources halieutiques, notamment en grands pélagiques, révélées récemment,

une relance de l'exploitation grâce à des innovations technologiques telle la mise en place de dispositifs de concentration de poissons (DCP), la volonté politique des décideurs et, enfin, la capacité des acteurs du secteur de la pêche à s'adapter aux nouvelles contraintes commerciales et technologiques. Sur ce dernier point, les pêcheurs artisans côtiers ont dû sans cesse adapter leurs techniques de pêche des poissons pélagiques, passant d'un mode de pêche basé sur la recherche aléatoire des bancs de poissons au large à un mode de pêche à poste fixe sur DCP. Les techniques ont dû être adaptées à ce récent concept mais doivent également évoluer afin de garantir la capturabilité des poissons et donc les revenus des pêcheurs.

La pêche aux poissons pélagiques à la Réunion : des techniques anciennes adaptées au contexte novateur des DCP

Peu d'écrits permettent de retracer l'historique et l'évolution des techniques de pêche des poissons pélagiques à la Réunion. Toutefois, d'après les informations recueillies auprès des plus anciens, la pêche de poissons pélagiques s'effectuait soit à la traîne en pleine mer, soit en dérive sur les rares hauts-fonds côtiers de la Réunion (Biais & Taquet, 1990). La ligne armée d'un seul hameçon était le seul engin employé traditionnellement pour la pêche des gros pélagiques à la Réunion. Elle était généralement en polyamide tressé goudronné, terminée par un bas de ligne en monofilament de 4 à 6 m de long et de 1,4 à 2 mm de diamètre. La technique de la traîne au large et/ou le long des côtes sur les tombants des hauts-fonds, notamment, est réellement apparue avec l'arrivée de leurres dans les années soixante. Sur les hauts-fonds de l'île, en fonction du comportement du poisson et de l'espèce présente, la technique de la dérive était, soit libre (dérive avec le courant et/ou le vent), soit « calée », ce qui permettait aux pêcheurs de mouiller la ligne à la verticale du bateau à la profondeur souhaitée. La dérive « calée » permet ainsi de compenser la dérive due au vent.

Aujourd'hui, les métiers de la pêche aux poissons pélagiques ont évolué à la Réunion. Les techniques de la traîne et de la dérive sont toujours les plus usuelles et, depuis une quinzaine d'années, l'utilisation de palangres dérivantes de surface permet d'améliorer les captures des grands pélagiques. Seuls les matériaux et les stratégies de pêche ont été affinés et adaptés aux comportements des poissons pélagiques.

Les DCP à l'origine de l'évolution des stratégies et des techniques de pêche aux poissons pélagiques à la Réunion

L'impact des DCP sur la pêche artisanale réunionnaise a déjà été décrit à plusieurs reprises (Biais & Taquet, 1991, 1992 ; Tessier, 1995 ; Detolle *et al.*, 1996 ; Ah-Nième, 1997 ; Roos *et al.*, 1998) et se traduit par une augmentation importante et régulière des captures et du nombre de pêcheurs pratiquant le métier. Si l'activité sur DCP reste limitée

chez les pêcheurs non professionnels (<14 %), elle représente plus de 60 % du temps moyen de pêche des pêcheurs professionnels (Tessier & Poisson, 1997). D'après les observations des pêcheurs, cette activité croissante autour des DCP aurait abouti, au bout de quelques années, à « modifier » le comportement des poissons vis-à-vis des engins de pêche et donc à diminuer l'efficacité des techniques traditionnelles de pêche à la traîne et à la dérive, et les a contraint à employer des techniques nouvelles, telles les palangres dérivantes de surface.

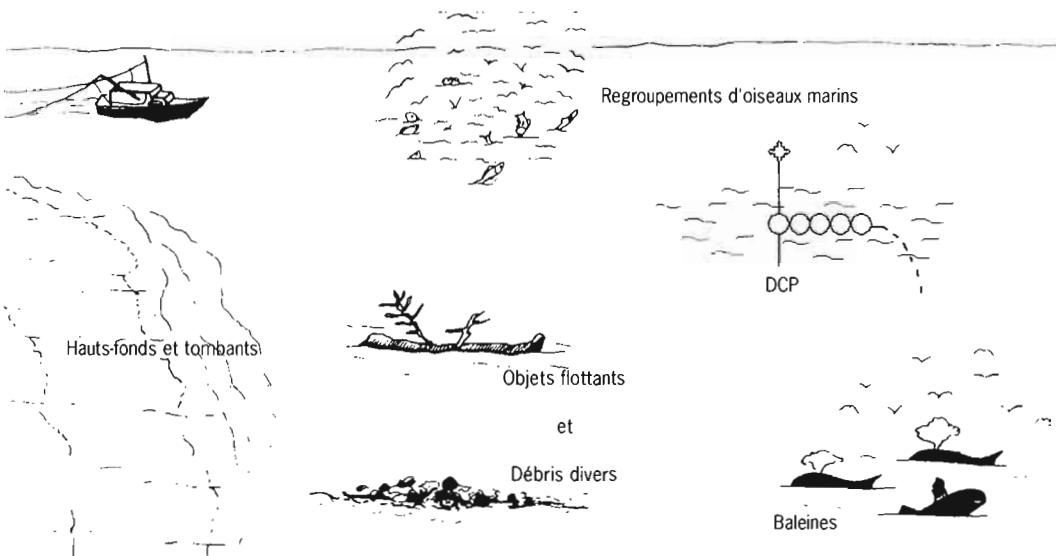
Cette évolution a pu se faire grâce aux progrès technologiques réalisés sur le matériel de pêche (canne, moulinet, fil, hameçon, leurre...). Ainsi, l'utilisation de cannes de pêche et de moulinets, de plus en plus perfectionnés permet de monter des lignes de pêche de diamètre plus petit et de résistance plus grande. Les travaux conséquents réalisés sur la mise au point de leurs permettent aujourd'hui de s'adapter aux comportements alimentaires des différentes espèces (couleur, forme, vitesse, profondeur de nage...).

Influence des facteurs du milieu sur la stratégie de pêche

Choix des sites de pêche

Avant la mise en place des DCP, la pêche des poissons pélagiques était dite « fantôme » puisqu'elle consistait à traîner au large, à la recherche hasardeuse de bancs de poissons, ou à dériver sur le sec le plus proche du port d'attache. Aujourd'hui, la stratégie première des pêcheurs est de se diriger vers les DCP. Le choix du ou des DCP est généralement fonction des captures réalisées la veille du départ mais, bien souvent, fait suite aux échanges d'informations entre pêcheurs (à terre ou en mer). Cette préférence est liée au fait que la rencontre d'épaves et/ou d'objets flottants reste très aléatoire, bien qu'ils permettent aux pêcheurs de réaliser des pêches importantes (fig. 1).

Figure 1
Facteurs favorables
à la capture des poissons
pélagiques à la Réunion.



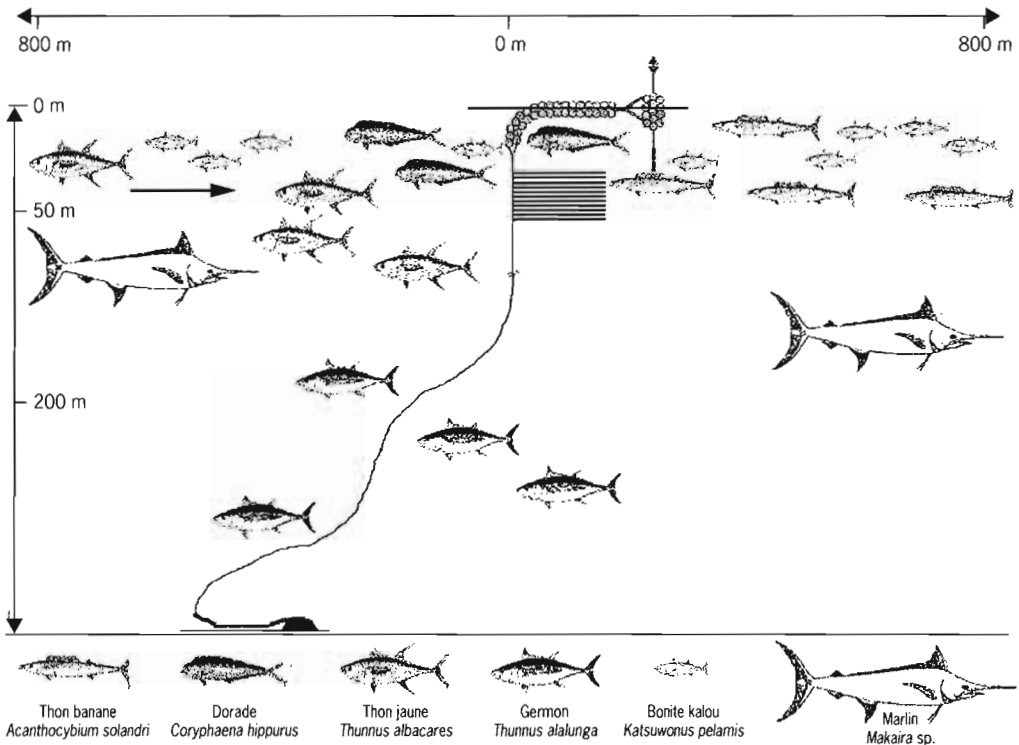
Influence du vent, des courants marins de surface et des espèces

La mise en œuvre d'une technique de pêche est soumise à plusieurs conditions environnementales :

- la force et la direction du vent, et surtout du courant ;
- l'(es) espèce(s) présente(s) et son (leur) comportement alimentaire.

Les conditions de vent sont uniquement prises en compte lors de la mise en dérive du bateau (direction, vitesse de déplacement, distance du DCP). Par contre, l'orientation et la vitesse du courant ainsi que les espèces recherchées sont déterminantes dans le choix tactique. En effet, d'après les pêcheurs, le sens du courant et donc l'orientation du DCP déterminent la position de chaque espèce autour du dispositif (fig. 2, 3). On peut ainsi distinguer des zones préférentielles de touche pour chaque espèce (fig. 3). La stratégie de pêche adoptée résulte de ces observations. Pour les espèces placées en amont du DCP (dorade, thon jaune, germon), les pêcheurs travaillent de préférence le long de la ligne de mouillage du DCP, quelle que soit la technique utilisée (traîne, dérive, palangre). Il est intéressant de noter que les pêcheurs n'obtiennent aucune touche (toutes espèces confondues) lorsque les bouées d'un DCP sont temporairement immergées durant les périodes de forts courants. L'analyse des données de captures sur DCP de quatre pêcheurs professionnels réunionnais travaillant dans l'ouest de l'île de 1996 à 1997 a permis de mettre en évidence que les espèces principales dans les captures sont le thon jaune (moyenne de 41,8 kg par sortie) et la dorade coryphène (16 kg par sortie) (Tessier & Poisson, 1997). Le thon banane

Figure 2
Schématisation de la répartition spatiale des principales espèces ciblées en fonction du courant, de la profondeur ainsi que la distance de la tête et de la ligne de mouillage du DCP (d'après les observations des pêcheurs).



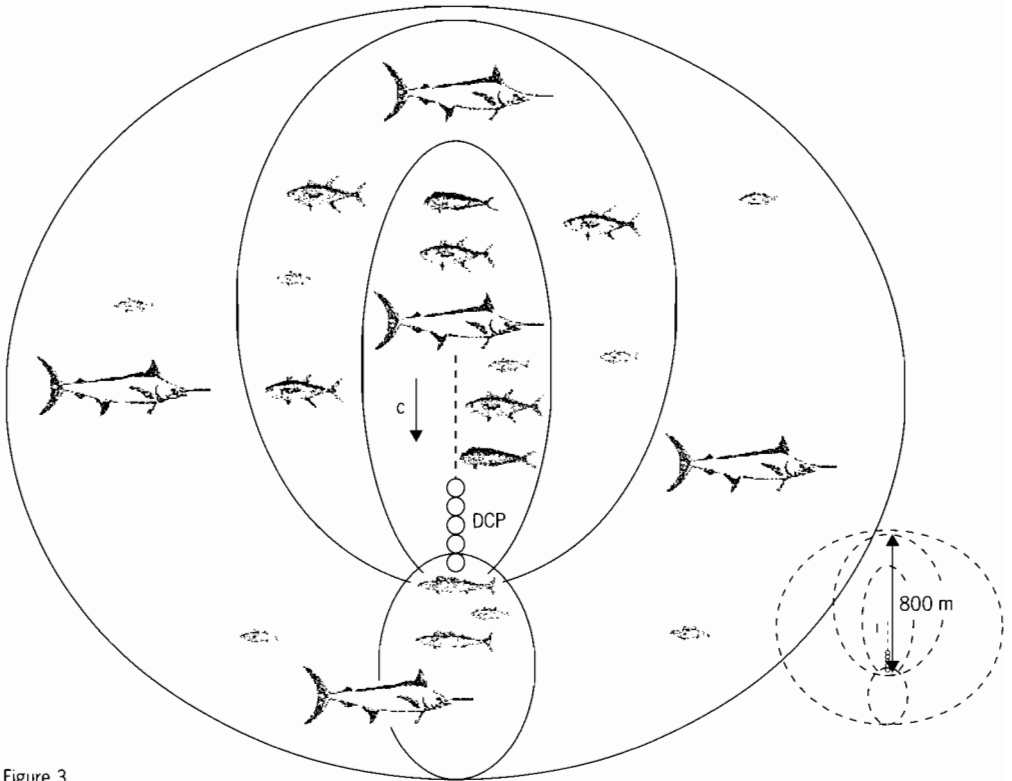


Figure 3
Projection horizontale
des zones préférentielles
de touche des principales
espèces.

(2 kg par sortie) et les poissons à rostre (5,7 kg par sortie) sont des espèces accessoires dans les captures. Un élément permet de confirmer ces données, c'est l'occurrence de capture de l'espèce, c'est-à-dire le nombre de fois où l'espèce apparaît dans les captures (voir tableau).

Occurrence d'apparition des espèces dans les captures
(nombre de sorties échantillonnées = 723).

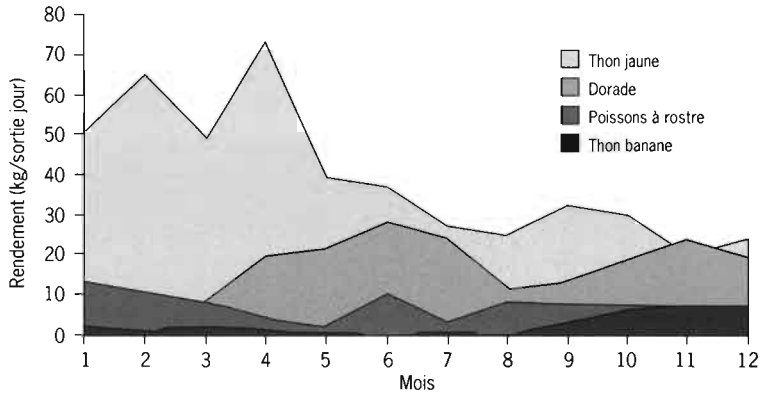
Espèce	Nbre de fois où l'espèce apparaît	% apparition
Thon jaune (albacore)	546	76 %
Dorade coryphène	424	59 %
Thon banane	110	15 %
Poissons à rostre	51	7 %
Thon germon	46	6 %

Influence des saisons

L'occurrence d'apparition de chaque espèce, mais aussi la taille moyenne des poissons dans les captures, évoluent en fonction des saisons. De même, l'évolution mensuelle des rendements journaliers des deux espèces principales dans les captures (thon jaune et dorade coryphène) est opposée (fig. 4). L'alternance de ces deux espèces aux cours du temps définit généralement les stratégies de pêche mises en œuvre. Les données

présentées, ci-après, concernent quatre bateaux professionnels sur une période allant du 1^{er} janvier 1993 au 30 avril 1997 (année 1995 exclue).

Figure 4
Rendement mensuel moyen des quatre espèces principales capturées autour des DCP (moyenne 1993, 1994, 1996 et 1997).



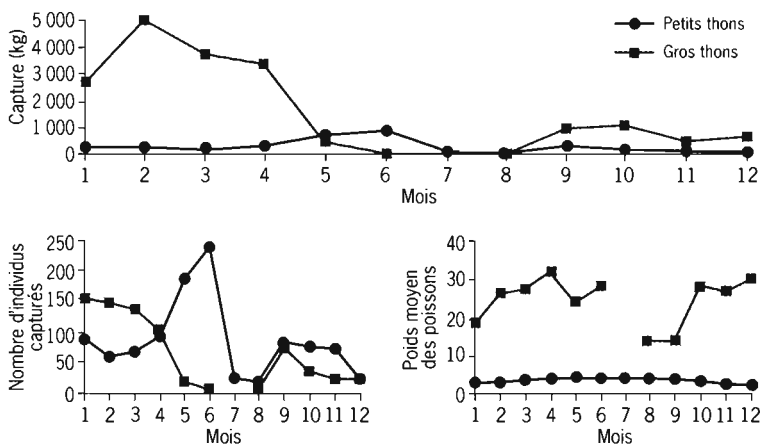
L'analyse des rendements annuels en poissons à rostre fait apparaître que la meilleure saison pour leur capture se situe au premier trimestre, ce qui est confirmé par le nombre d'individus capturés : 7 à 8 individus en moyenne par mois en janvier et février pour trois bateaux mais seulement un à deux les autres mois. Pour le thon banane, les captures sont nulles ou très faibles entre juin et septembre.

Sur quatre années d'observations, les éléments suivants apparaissent :

- une saison propice à la pêche du thon jaune centrée sur le mois d'avril ;
- deux saisons de pêche à la dorade centrées sur les mois de juin et de novembre ;
- une saison de pêche centrée sur le premier trimestre pour les poissons à rostre (essentiellement les marlins) ;
- une saison de pêche plus marquée entre octobre et décembre pour les thons bananes.

Stratégiquement, le thon jaune est principalement recherché entre janvier et mai car il permet d'obtenir les rendements les plus élevés (fig. 5).

Figure 5
Variations mensuelles de la production de thon jaune, du nombre d'individus capturés et du poids moyen des individus (Tessier & Poisson, 1997).

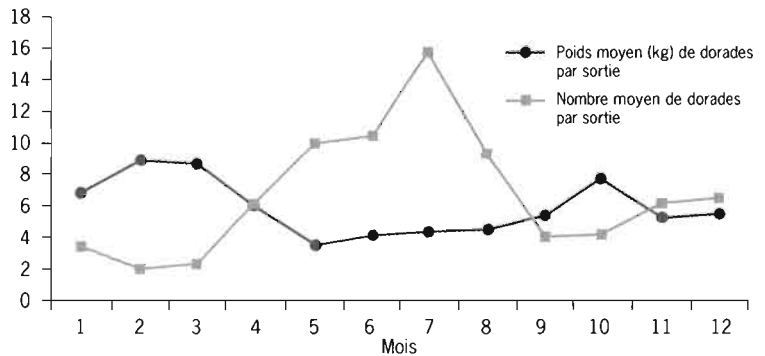


La dorade est plutôt recherchée en hiver austral, aux mois de juillet et août (fig. 6). À partir du mois de septembre, l'opportuniste est de rigueur et les deux espèces sont recherchées en fonction de leurs abondances respectives et des espoirs de rendement que les pêcheurs peuvent en attendre. L'évolution des captures des deux principales espèces pêchées sur DCP (thon jaune, dorade), en nombre et en poids, montre une saisonnalité marquée.

Pour le thon jaune, les petits individus (cohorte de l'année, < 5 kg) sont distingués des individus plus âgés. Le niveau élevé des rendements de thon jaune, entre janvier et avril, correspond à l'augmentation des captures de poissons d'un poids moyen supérieur à 25, voire 30 kilogrammes. Les poissons de cette taille ont été absents ou moins accessibles aux alentours de l'île entre juillet et septembre 1996.

Les saisons intéressantes pour la dorade correspondent à des arrivées massives autour de la Réunion de jeunes dorades de 4 kg de moyenne (fig. 6).

Figure 6
Évolution mensuelle
du nombre et du poids
individuel moyen
des dorades coryphènes
pêchées par sortie
journalière sur DCP
(Tessier & Poisson, 1997).



Ces données sont limitées dans le temps et doivent être interprétées avec prudence. Cependant, ce phénomène est connu à la Réunion et décrit simplement par une bonne saison allant d'octobre à avril, et une mauvaise saison allant de mai à septembre. Cette saisonnalité des captures contraint souvent les pêcheurs à cesser provisoirement leur activité et à consacrer leur temps « libre » à entretenir le bateau et le matériel de pêche ou à se tourner vers d'autres métiers (pêche de poissons de fond, pêche de crabes girafes, *Ranina ranina*, à la balance...).

Descriptif technique des engins de pêche sur DCP

Description des navires de pêche

Deux types d'embarcations sont utilisés par la petite pêche réunionnaise. On les distingue par leur conception et l'utilisation qui en est faite.

Les barques ou « canots » sont des embarcations non pontées, fabriquées en bois de manière traditionnelle ou en plastique depuis quelques années (barque « Bourbon plastique » et barque « Barracuda »). Leur longueur n'excède pas 6 m et leur puissance motrice varie de 6 à 25 chevaux. Le nombre de pêcheurs embarqués varie de un à trois. Ces unités ont un

rayon d'action réglementairement limité à 5 milles de leur port d'attache (quelques pêcheurs s'aventurent toutefois au-delà des 10 milles). La durée d'une sortie ne dépasse pas une douzaine d'heures.

Les vedettes sont des embarcations pontées plus modernes, d'une longueur comprise entre 6,50 m et 11 mètres. Elles disposent généralement d'un moteur diesel in-board de 40 à 250 ch, d'appareils de navigation et de pêche modernes (radar, GPS, sondeur). Des vedettes plus légères, d'une longueur de 6 à 8 m, et mieux adaptées aux faibles capacités d'accueil des points de débarquement réunionnais sont apparues depuis 1995. Les vedettes effectuent des sorties en mer de plus de 12 h et peuvent travailler jusqu'à 20 milles des côtes.

Description de la technique de la dérive

Employée principalement autour des DCP, et occasionnellement sur épave, la pêche en dérive des gros pélagiques s'effectue avec une ligne en monofilament de 0,5 à 1,4 mm de diamètre (les lignes en polyamide tressé goudronné sont encore utilisées par les anciens pêcheurs en barques). L'unique hameçon, dont la pointe est légèrement rentrante ou droite, est noué directement sur la ligne d'une canne de traîne ou d'une bobine de stockage, sans plombage. L'embarcation dérive au gré des courants et les lignes (2 à 4 en fonction du nombre de pêcheurs) sont immergées à des profondeurs variables (25 à 50 m), au niveau présumé de la présence des thons, espèces cibles de cette technique. La dérive « calée » permet de compenser la dérive due au vent. Pour cela, les pêcheurs utilisent leurs rames (cas des barques) ou leurs moteurs (cas des vedettes) pour permettre à la ligne de rester verticale.

Les appâts utilisés sont généralement des laizes de poisson (bonite ou « pêche cavale ») et, accessoirement, des calmars ou des petits poissons entiers (genre *Mulloidichthys*) (fig. 7). La pêche à l'appât vivant s'est

Figure 7
Découpe d'une laize de poisson et mode de fixation à l'hameçon.

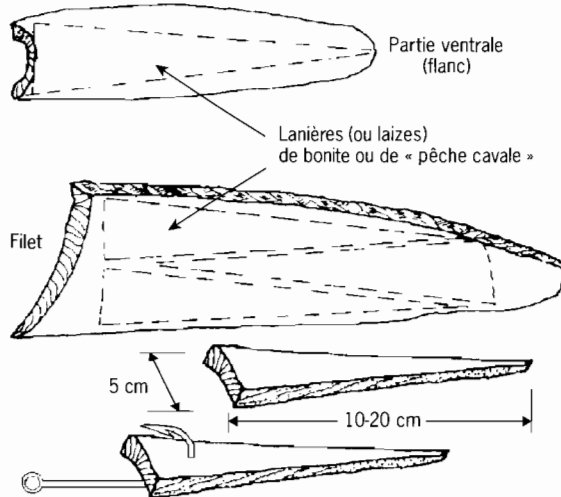
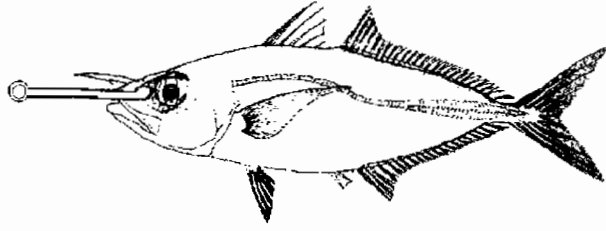


Figure 8
Mode de fixation
d'un « pêche cavale »
à l'hameçon (piqué
par le « nez »).



également développée, les bancloches (*Decapterus macarellus*) et surtout les « pêches cavales » (*Selar crumenophthalmus*) capturés la nuit à la palangrotte sont couramment utilisés (fig. 8). Pratiquée sur les hauts-fonds et les épaves (objets dérivants), lieux connus de passage des thons, elle est surtout utilisée autour des DCP et procure de bons rendements, particulièrement à l'aube et au crépuscule (30 à 40 kg en moyenne par bateau et par jour de pêche).

Description de la technique de la traîne

La ligne de traîne est constituée d'un fil en nylon monofilament (0,5 à 2 mm) (Preston *et al.*, 1987). Elle est souvent montée sur une canne équipée d'un moulinet et terminée par un leurre artificiel (de type octopus, généralement). Les thons jaunes et bananes, la dorade coryphène et les poissons à rostre sont les principales espèces ciblées par cette technique pratiquée de jour. La bonite kalou (listao) est essentiellement capturée à la « mousse » ou « titille », variante de la traîne qui consiste à tirer vivement la ligne d'avant en arrière pendant l'action de pêche (ligne de 0,6 à 0,8 mm, montée avec un petit octopus). Le « rapala » est sporadiquement utilisé pour la pêche des thons bananes (fig. 9). Depuis quelques années, la pêche à la traîne lente (1 à 2 nœuds), effectuée avec une laize fraîche de bonite ou de « pêche cavale » (fig. 7), accessoirement avec des calmars entiers, autour des dispositifs de concentration de poissons s'est répandue comme une variante efficace de la traîne et de la dérive, pour la capture des dorades coryphènes, notamment. L'utilisation d'appâts vivants plus gros, comme la bonite entière, le petit thon ou même la dorade coryphène, permet la capture de gros poissons à rostre comme les marlins (fig. 10).

Figure 9
Différents types de leurs
employés à la traîne
à la Réunion.

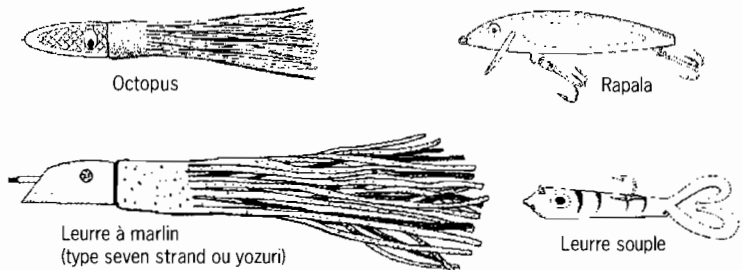
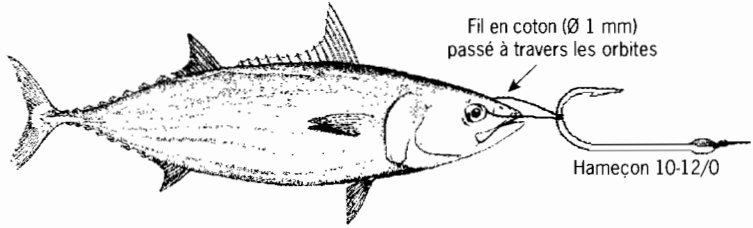


Figure 10
Montage d'une bonite en « catalina » pour la capture des marlins.

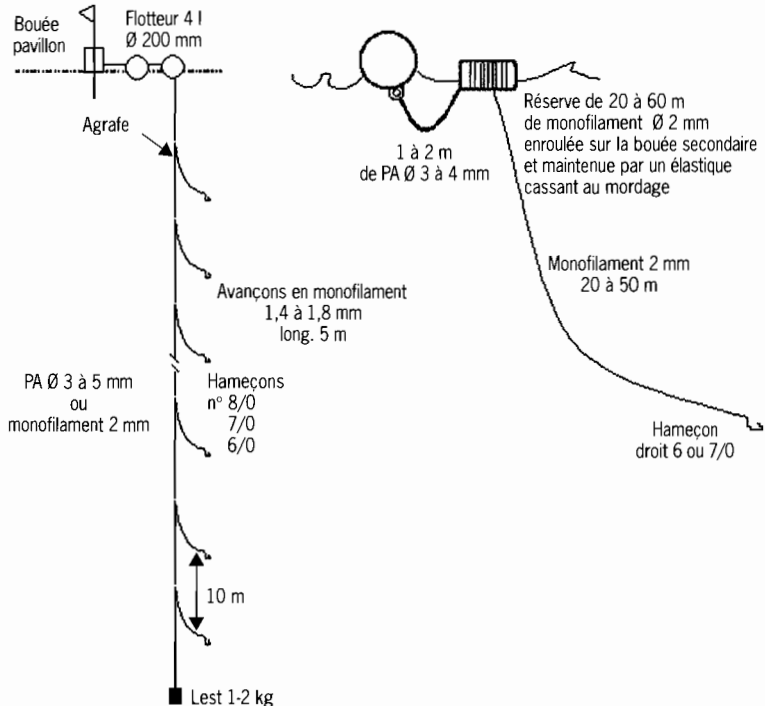


Description des palangres dérivantes de surface

Deux types de palangres dérivantes à grands pélagiques sont utilisés : la palangre verticale et la palangre « monoizin ».

La palangre verticale est composée d'une ligne en polyamide tressé goudronné de 3 à 5 mm ou en monofilament de 2 mm, lestée par un plomb d'un ou deux kilogrammes. Sa longueur varie de 50 à 300 m (fig. 11). Les bas de ligne, longs de 2 à 10 m et espacés de 10 à 15 m, sont en nylon monofilament (1,4 à 1,8 mm); ils sont terminés par un hameçon droit dont la pointe est légèrement rentrante. Cette technique facile à mettre en œuvre se révèle particulièrement intéressante pour la capture des thons, principalement le thon bâtard (germon), espèce assez peu capturée avec les autres engins. Le thon jaune, la dorade coryphène et le thon banane sont également capturés grâce à cette technique. La palangre « monoizin » est essentiellement utilisée pour la pêche des gros thons jaunes dont les poids sont supérieurs à 30 kilogrammes (fig. 11). La ligne, munie d'un seul hameçon droit n° 6 ou 7/0 (pointe légèrement rentrante), est composée d'environ 100 m de monofilament

Figure 11
Schémas de la palangre verticale dérivante à thons (gauche) et de la palangre « monoizin » (droite).



de 2 mm, dont la moitié ou plus, est enroulée et retenue par un élastique cassant sur une bouée secondaire. La bouée secondaire est elle-même attachée à la bouée principale par de la drisse goudronnée de 3 à 4 mm de diamètre.

**L'évolution des techniques de pêche des grands pélagiques :
une nécessité face à un apprentissage constant modifiant
les comportements des poissons**

D'après les pêcheurs, l'évolution des tactiques et des techniques de pêche est souvent liée à la diminution de l'efficacité d'une méthode de capture existante. Certaines espèces deviennent de plus en plus inaccessibles telles que les prodigalsons (*Elagatis bipinnulata*), espèce de moins en moins capturée, bien que présente. Les pêcheurs réagissent aux moindres fluctuations des captures en adaptant leurs engins de pêche. En moins de dix ans, le diamètre moyen du monofilament utilisé pour la pêche sur DCP est passé de 2 mm à 0,8 millimètre. De même, la taille moyenne des hameçons a également baissé. Cette indispensable adaptation, corrélée aux besoins de rentabilité économique de l'activité de pêche, se fait progressivement.

Si l'expérience du pêcheur est un paramètre important dans la capture des poissons pélagiques, des observations comparées entre différents pêcheurs ont mis en évidence le fait que les « bons » pêcheurs sont ceux qui disposent d'un large éventail de techniques et de variantes leur permettant d'exploiter toute la masse d'eau, et de s'adapter aux variations comportementales des poissons. Ce sont également des pêcheurs très mobiles (changement régulier de sites de pêche) et curieux, n'hésitant pas à innover.

L'évolution technique des engins de pêche et de leur utilisation pourrait être expliquée par les modifications comportementales des poissons, plus particulièrement par les mécanismes d'apprentissage qui régissent la fuite des poissons. Ainsi, les travaux de Fréon & Misund (1999) reprennent le principe de l'apprentissage interactif. Ce principe est basé sur un mécanisme d'apprentissage et de mise en mémoire des expériences quotidiennes vécues par l'animal. Ce système cérébral est couplé à des mécanismes comportementaux déterminés génétiquement. Il est activé lorsque l'animal se trouve dans un environnement non familier ou confronté à un nouveau stimulus, favorisant ainsi la mise en mémoire de l'information. Ainsi, si le stimulus n'est pas désagréable, le poisson s'y accoutumera. Dans le cas contraire, le poisson apprendra à fuir. S'il n'y a pas lieu de considérer que les mécanismes d'apprentissage vis-à-vis des engins de pêche diffèrent de ceux des prédateurs, le pêcheur est cependant un prédateur récent et peut être perçu, par le poisson, comme un prédateur polymorphique, capable de changer et d'améliorer ses tactiques de pêche par des progrès technologiques constants. C'est pourquoi, les bases génétiques d'apprentissage dans le cas d'engins de pêche, si elles existent, seraient difficiles à démontrer et ne pourraient pas être comparées aux bases génétiques d'apprentissage vis-à-vis des prédateurs.

Conclusion

La pêche sur DCP, qui a permis d'augmenter significativement les captures de poissons pélagiques à la Réunion, demande une remise en question permanente des techniques et tactiques de pêche. Si les techniques utilisées aujourd'hui à la Réunion, telles la dérive, la traîne, les palangres verticales de surface et leurs variantes, sont efficaces, différents auteurs ont mis en évidence un comportement d'apprentissage du poisson vis-à-vis des engins de pêche, contraignant les pêcheurs à innover constamment (mode d'utilisation, matériaux et caractéristiques techniques de l'engin). On peut donc s'interroger sur le taux de renouvellement (temps de passage) sachant que, la plupart des espèces, sont des grands migrateurs. Les résultats de recherche concernant les déplacements horizontaux et verticaux du thon jaune ont déjà mis en évidence une variabilité individuelle de leur comportement sous DCP (Bach *et al.*, 1998). En effet, certains individus restent inféodés toute la journée à un même DCP, tandis que d'autres s'en éloignent la nuit et y reviennent le jour. Enfin, certains thons jaunes fréquentent plusieurs DCP lors de leurs déplacements et sont capables d'y revenir plusieurs mois après un premier passage. Ces résultats montrent bien les possibilités d'apprentissage pour ces thons. Il serait donc intéressant de rechercher à l'avenir des informations sur les déplacements des autres espèces capturées autour des DCP et de les prendre en considération dans les causes de variabilité des captures. La diminution des captures avec le temps peut être le fait de plusieurs facteurs, dont l'apprentissage ; outre que celui-ci soit difficilement quantifiable, il demeure certainement moins important que la saisonnalité de l'abondance des populations fréquentant les DCP.

Références bibliographiques

- Ah-Nième D., 1997. Approche anthropologique d'un processus d'innovation : pêche artisanale et dispositifs de concentration de poissons à l'île de la Réunion. Programme thonier régional II. Rapp. Intern. Ifremer Réunion, 44 p.
- Bach P., Dagorn L., Josse E., Bard F.-X., Abbas R., Bertrand A., Misselis C., 1998. Experimental research and Fish Aggregating Devices (FADs) in French Polynesia. SPC FAD Inf. Bull., Noumea, 3, 3-18.
- Biais G., Taquet M., 1990. Technologie des dispositifs de concentration de poissons et techniques de pêche aux gros pélagiques. Compte rendu d'essais effectués pendant l'été austral 1989-1990. Rapp. Intern. Ifremer Réunion, Drv/rh 90/58, 33 p.
- Biais G., Taquet M., 1991. La pêche locale réunionnaise. Rapp. Intern. Ifremer Réunion, Drv/rh 91/16, 68 p.

- Biais G., Taquer M., 1992. La pêche locale aux abords de la Réunion. Éd. Ifremer, Repères océan, 2, 78 p.
- Detolle J.-P., Tessier E., Roos D., René F., Sacchi J., 1996. Étude en vue d'optimiser le coût et la longévité des dispositifs de concentration de poisson à l'île de la Réunion. Approche technico-économique. Rapp. Intern. Ifremer Réunion, Drv/rh 96/14, 73 p. + annexes.
- Fréon P., Misund O.A., 1999. Dynamics of pelagic fish distribution and behaviour : effects on fisheries and stock assessment. Fishing News Books, Blackwell Science Ltd, 348 p.
- Preston G.L., Chapman L.B., Mead P.D., Taumaia P., Beliew S.E., 1987. Trolling techniques for the Pacific Islands: a manual for fishermen. SPC Handb., 28.
- Roos D., Tessier E., Guyomard D., 1998. Évolution de l'activité halieutique à la Réunion de 1990 à 1996. Rapp. Intern. Ifremer, Drv/rh 98/14, 61 p.
- Tessier E., 1995. Élaboration d'un système de suivi des statistiques de pêche pour la Réunion. Document de l'association thonière CAN Réunion. Rapp. Intern. Ifremer Réunion, 27 p. + annexes.
- Tessier E., Poisson F., 1997. Bilan sur la mise en place d'un système de récolte de données sur la pêche artisanale sur DCP à la Réunion. Commission de l'océan Indien, association thonière. Programme thonier régional II, Doc. Sci., 34, 42 p.

Small-scale FAD associated fishing techniques used in the Pacific region

Lindsay Chapman

Secretariat of the Pacific Community (SPC), BP D5, 98848 Noumea Cedex, New Caledonia
LindsayC@spc.org.nc

Abstract

Over the last 16 years, the Secretariat of the Pacific Community (SPC—formerly the South Pacific Commission) has been developing and providing information on midwater fishing techniques targeting the larger, deeper-swimming tunas that aggregate around FADs. SPC masterfishermen have conducted in-country fishing trials to test methods, such as vertical longlines, and train local fishermen in their construction and use. Vertical longline catch rates have varied considerably due to a range of reasons with no catches reported in some locations, or just sharks, to highs of over 6.5 kg/10 hooks per hour being recorded in other locations. Other methods like drop-stone, “palu-ahi”, and single-hook drifting lines have been developed within the region, with SPC adopting and transferring this technology to other locations. To further disseminate this information, SPC has recently published a technical manual outlining a range of midwater fishing gears and techniques that can be used in association with FADs. An outline of the main gears and techniques with catch data where available is presented, with factors influencing catches discussed based on the findings of SPC masterfishermen over the years.

Introduction

In many Pacific Island countries and territories, offshore pole-fishing and pole-trolling for tunas has been traditional (fig. 1), especially in Polynesia. During these offshore fishing expeditions a variety of canoe designs was used. Fishermen looked for surface schools of tunas, and in some cases, located them in association with flotsam and jetsam in the water. Generally, when schools were located in this way, good catches resulted. Flotsam and jetsam such as this were therefore the first form of Fish Aggregating Device (FAD) in the region.

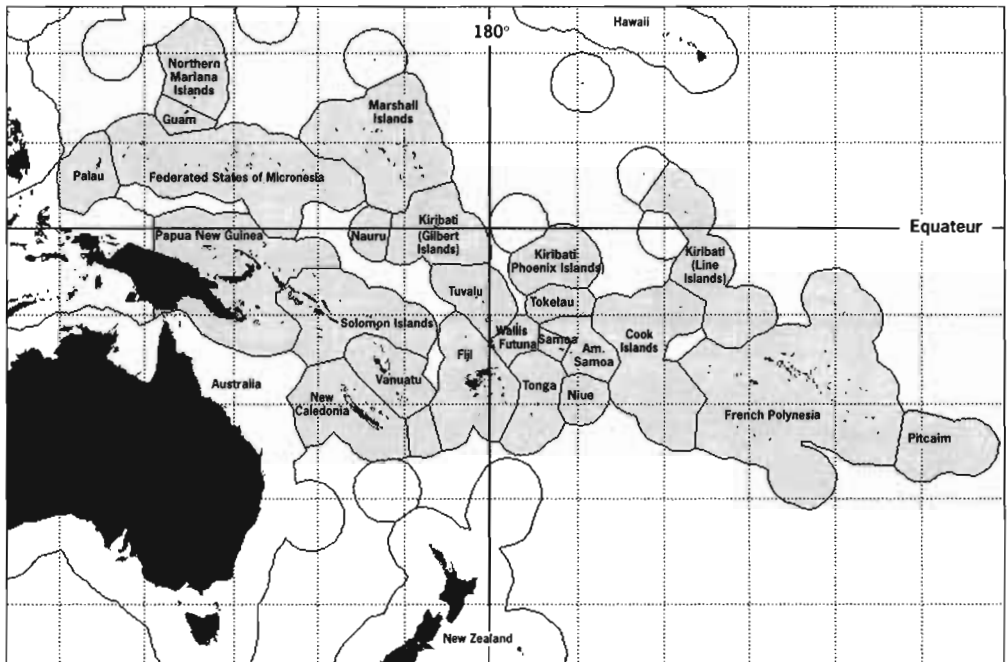
Figure 1
Traditional pole-trolling
in Tokelau.



Fishermen were quick to pick up on this phenomenon: fish aggregating around floating objects. As a result, man-made Fish Aggregating Devices (FADs), both drifting and anchored, were developed, and have been used in the Pacific region for several decades. Initially, the man-made FADs were used by industrial fishing fleets using pole-and-line and purse seine fishing techniques, targeting surface schools of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) and juvenile yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) that were aggregated by them.

As the use of FADs became more known in the region (fig. 2) in the early 1980s, National Fisheries Departments requested SPC to assist them in developing appropriate mooring systems and buoy designs for anchored FADs. The FADs were to be used by local troll fishermen, with the aim of increasing the availability of surface tunas, extending the fishing season for these tunas, providing a specific location for fishing activities, and increasing sea safety by having fishing effort concentrated in known locations. This worked well in many locations, with subsistence and artisanal fishermen venturing out to anchored FADs to troll for tunas.

Figure 2
Region covered by
the Secretariat of the Pacific
Community (SPC).



SPC's FAD work in the region soon extended beyond the initial focus on FAD design, to include gear development for small-scale fishermen to enable them to target the larger, deeper-swimming tunas that also aggregate around FADs. For many years, SPC masterfishermen have conducted in-country fishing trials using both new gear developed by them and other fishing methods used around the region and adapted for use around FADs.

A variety of small-scale fishing techniques have been tested in association with FADs over the years. Trolling is the most common FAD-associated fishing method, and SPC has produced a manual for fishermen on this subject (Preston *et al.*, 1987). Given the widespread use of trolling, and the vast variety of gears and personal preferences, it is only mentioned here for completeness.

Trials with surface-set gillnets to catch surface-schooling tunas around FADs have proved unsuccessful, as gear damage resulted and catches mainly consisted of sharks. Fish traps have also been suspended under FADs, as a means of catching bait for other midwater fishing activities. Availability of suitable bait is also a very important requisite for midwater fishing activities, although it is not covered in this paper as suitable frozen bait is now readily available in the region.

The main focus of this paper is on SPC's gear development work and use of alternative midwater fishing gears. These gears are vertical longlines, drop-stone and "palu-ahi" handlines, and single-hook drifting lines. Many country reports have outlined the work of individual master-fishermen projects and the results of fishing activities using a variety of midwater fishing gears. This paper will summarise much of SPC's work in this area, and will also draw on information provided in a recently published SPC manual covering fishing gears and techniques used around FADs (Preston *et al.*, 1998).

Vertical longlines

Vertical longlining is a simple and relatively cheap way to fish for tunas and related species in the water column around FADs by presenting baited hooks at a range of depths where these fish may be congregating. A basic vertical longline comprises a single, long, weighted main line of rope or Nylon monofilament, suspended from the surface to a depth of 300 m or more (fig. 3). Connected to the main line are a series of 3-6 m monofilament Nylon branch lines (also called snoods), each of which carries a baited hook. The branch lines are attached using swivelled longline clips, snapped to swivels, which are built into the main line at intervals of 10-20 metres.

There are numerous varieties of gear components and ways to make up vertical longlines. Table 1 outlines the specifications for the general materials used to make a rope or monofilament vertical longline. The lines may be fished from a basket or bin (generally with a rope main line) and be worked by hand, or can be wound onto a fishing reel (generally Nylon monofilament main line). The swivels that are built into the main line act as markers or attachment points for the branch lines, as well as greatly reducing tangles normally caused by line-twist, especially when more than one fish is on the line at one time.

Figure 3
Basic vertical longline
arrangement used around
FADs.

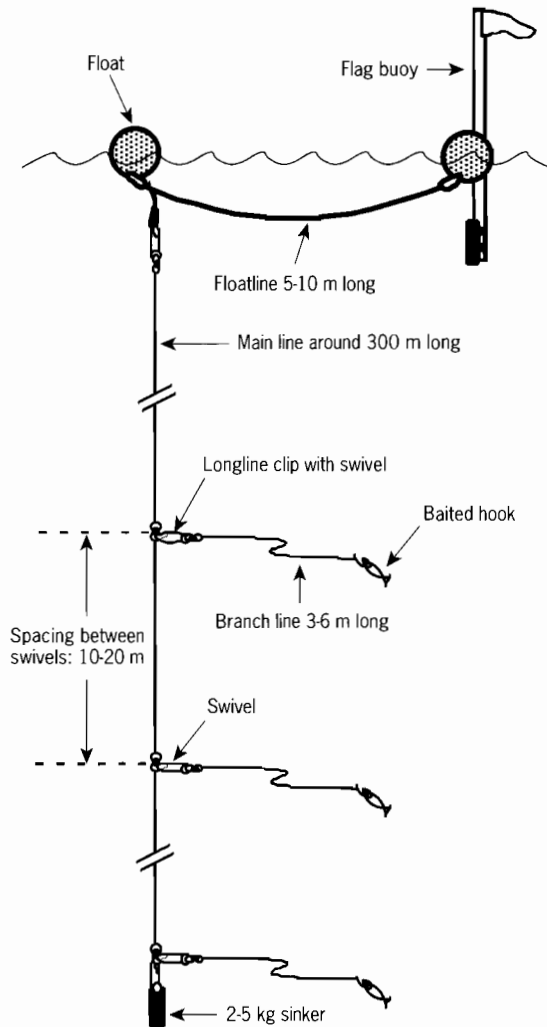


Table 1 - Specifications for materials used to make a rope or monofilament vertical longline.

Component	Typical materials	No./Amount
Surface float	Plastic longline float 300 mm ϕ	2
Marker buoy	Bamboo or fibreglass pole	1 x 3 m length
Floatline	Polypropylene rope 6 to 8 mm ϕ or 6.4 mm ϕ Kuralon longline rope	1 x 5 to 10 m length
Main line	Monofilament Nylon, 200 to 500 kg test or 6.4 mm ϕ Kuralon longline rope	1 x 300 m length
Swivels	McMahon heavy duty, size 10/0 to 12/0 or leaded swivels	15
Branch lines	Nylon monofilament, 125 to 250 kg test (breaking strain should be at least 50 kg less than that of the main line)	15 x 3 to 6 m length
Longline clips	Size 1, 12 cm longline clip with swivel	15
Hooks	Mustad tuna circle size 14/0, 15/0 or 16/0 or BKN size 48 or Japan tuna hook size 3.6 mm	15
Sinker	Lengths of rebar 2.5 cm ϕ x 22 to 40 cm long, tied or welded together to make weights of 2 to 5 kg	6 pieces

Many different styles of vertical longlines have been used by SPC masterfishermen around FADs over the years in many countries and territories in the region. Catches have fluctuated greatly as well, from no catch in some locations (New Caledonia, Yap and Kosrae) to catches of sharks only (Vanuatu and Papua New Guinea) and good catches as summarised in table 2. The great variation in catch rates is mainly attributed to the seasonality of tunas in different areas and the effectiveness of individual FADs in attracting the deeper-swimming tunas. Even when surface schools of tunas are associated with FADs, this does not automatically mean that larger tunas are deep in the water column.

Table 2 - Catch rates recorded in locations where vertical longline trials were successful.

Year	Location	Catch		Effort (10 hooks/hour)	CPUE (kg/10 hooks/hour)
		Number	Weight (kg)		
1983	Rarotonga, Cook Islands	2	20,5	27,0	0,01
1983	Niue	85	887,5	261,0	0,03
1984	Beqa, Fiji	26	448,5	116,1	0,04
1985	Beqa, Fiji	33	801,0	116,3	0,07
1986	Rarotonga, Cook Islands	164	2683,3	407,0	0,07
1988	American Samoa	27	664,6	84,3	0,08
1990	Western Samoa	130	1866,1	1014,0	0,02
1991	Western Samoa	181	2819,2	864,0	0,03
1997	Rarotonga, Cook Islands	9	160,5	94,1	0,02

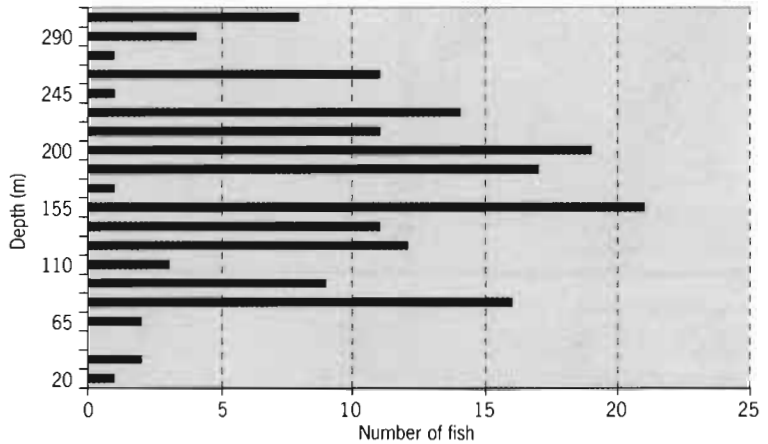
The best catch rates were consistently achieved when the fishing gear (with or without the fishing vessel) was attached to the FAD. This kept the gear close to the FAD, even though it was on the down-current side, close to the “feeding zone” where tunas were likely to pass or aggregate (the main feeding zone is considered to be on the up-current side of FADs). Several main lines can be attached to one another by surface floatlines, to increase the number of lines and hooks in the water. Setting gear in this fashion restricts the number of fishermen who can tie their gear to an FAD, although it does reduce the chance of the gear becoming tangled to the FAD mooring, as it is down current. However, when vessels tie to a FAD to fish, especially larger, heavier vessels, added strain is placed on the mooring line, which could shorten its lifespan. Additionally, the weight of vessels tied to the FAD, especially in rough weather, could cause the mooring anchor to drag.

The second approach to setting vertical longlines was to drift them past the FAD. This was required in some countries where regulations prohibited the tying of anything to FADs. Catch rates in general were lower using this technique, especially in strong currents, as the lines drifted past the FAD in a short time, away from the main “feeding zone”. Occasionally a line would drift into the FAD mooring and in some cases become stuck on the FAD mooring line. Accidents like this could contribute to FAD loss, especially if baited hooks are tangled to the mooring line, attracting sharks and other fish with teeth.

During one project conducted in Rarotonga, Cook Islands in 1986, an assessment was undertaken to identify the relationship between depth and catch rates using vertical longlines (Chapman & Cusack, 1997). The catch during the eight-month fishing trial was made up of 149 yellow-fin tunas (weighing 2,449 kg), eight albacore tunas (*Thunnus alalunga*, weighing 183 kg), two wahoo (*Acanthocybium solandri*, weighing 22 kg), three “mahi-mahi” (*Coryphaena hippurus*, weighing 23 kg), and two rainbow runner (*Elagatis bipinnulata*, weighing 6.3 kg).

Fish were taken at all depths along the vertical longlines (fig. 4), although only limited fishing occurred in depths shallower than 80 metres. The hooks set from 80 to 155 m caught 72 of the total 164 fish (43.9%), while the hooks set from 185 to 260 m also caught a similar number (73 fish, 44.5% of the catch by number). Although no definitive relationship between depth and catch rates could be discerned, it is likely that the tunas congregated below a shifting thermocline. It is also possible that chum trails drifting from other fishing operations conducted concurrently may have played a part in promoting strikes at particular depths, which may have skewed the results.

Figure 4
Catch numbers in relation to fishing depth (adapted from Chapman & Cusack, 1997).



Fresh or frozen locally-caught bait species such as bigeye scad (*Selar* spp.) and mackerel scad (*Decapterus* spp.) generally produced the best catch rates. If these were not available, the next best bait was frozen tuna longline bait, with saury (*Cololabis sairi*), mackerel scad (*Decapterus* spp.) and pilchards (*Sardinops* spp.) being the most productive. Cut bait in the form of strips of larger fish, such as skipjack tuna, were used on occasion, resulting in a higher catch of sharks.

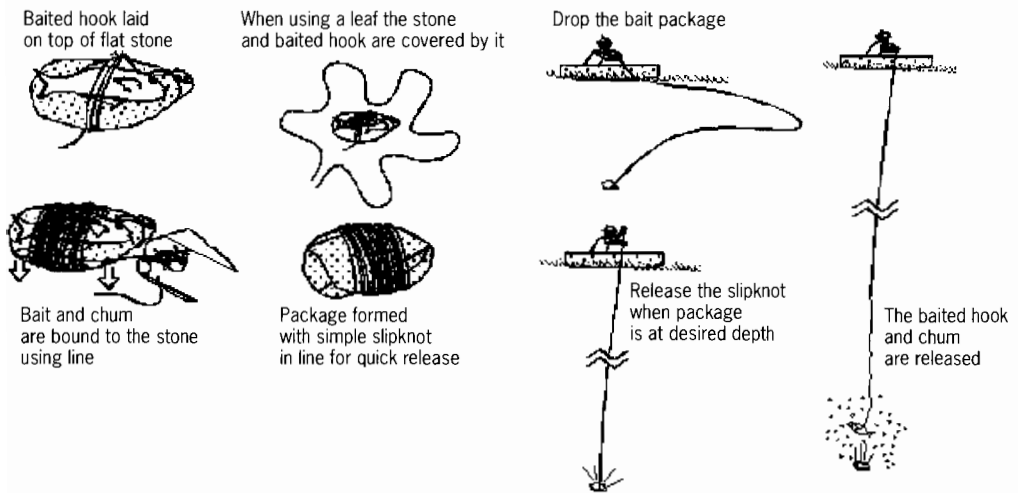
Drop-stone and “palu-ahi” handlines

Drop-stone and “palu-ahi” are two methods of midwater handlining, with the latter evolving from the first. Traditionally, Polynesian fishermen used the drop-stone method to target tunas in midwater, usually in areas where they were known to gather, called “tuna holes”. Nowadays, the

drop-stone technique is the most common method used around FADs by artisanal fishermen in French Polynesia. The gear is simple and consists of a single monofilament Nylon line (around 400 m length and 1.0-1.5 mm diameter) wound onto some sort of spool for storage, a hook (10/0-13/0 Mustad tuna circle), and if desired a sinker (100-300 grammes) to use when the current is strong. In addition to the gear, flat stones of 1-2 kg weight, large flat leaves, bait and chum are needed.

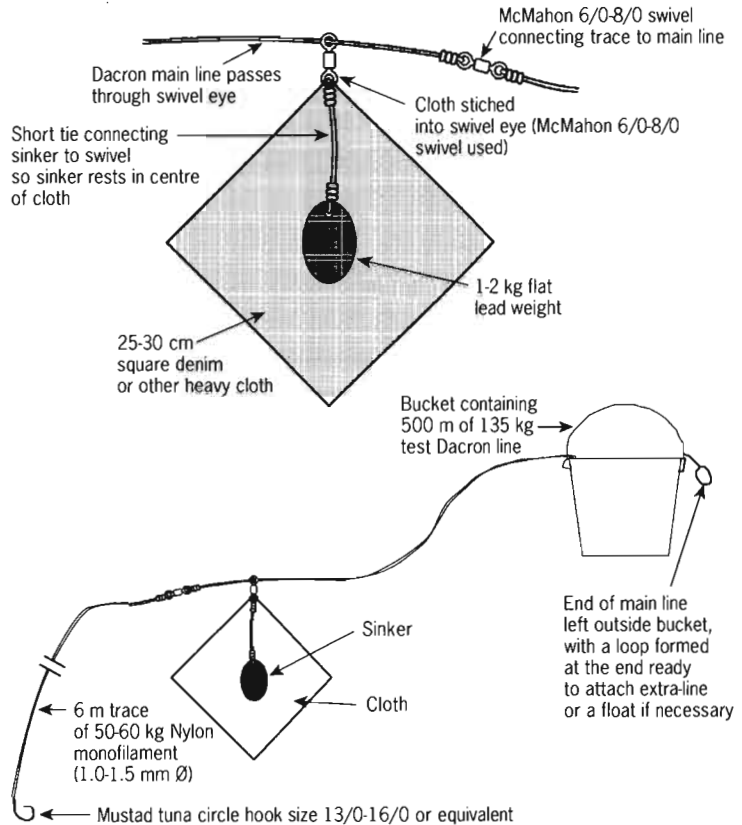
Figure 5 depicts the methods of using this gear. Simply, the baited hook is placed on a flat stone, some chum (chopped fish with coconut flesh or something similar) is placed on top of the baited hook, with the line used to bind the baited hook and chum to the stone. Alternatively, the stone, baited hook and chum can be placed on a large flat leaf, the leaf folded around them to form a package, and the line used to bind the package closed. Whether a leaf is used or not, once the package is bound, the line is looped and tucked under the bindings to form a slipknot which secures the package. The package is then dropped into the water, and allowed to sink to the desired depth without any tension placed on the line. Once the desired depth is reached, the line is held and jerked to release the slipknot, allowing the package to unravel with the stone dropping free and the leaf drifting away. This leaves the baited hook and chum together at the desired depth.

Figure 5
Several ways to tie
a drop-stone rig
and the way it is used.



Hawaiian fishermen modified the drop-stone method over time to eliminate the need for stones and leaves and called it “palu-ahi” (chumming tuna). The Nylon monofilament main line was replaced with a braided polyester (Dacron 135 kg test) or Nylon cord connected to a Nylon monofilament trace (3-6 m length and 50-60 kg test) by a swivel (McMahon 6/0-8/0). The stone and leaf were replaced by a square of cloth and a lead weight attached to a corner of the cloth by some cord, so the weight was positioned in the centre of the cloth (fig. 6). The main line cord is passed through the swivel on the cloth to allow the cloth and weight arrangement to slide freely on the main line.

Figure 6
"Palu-ahi" gear arrangement.



To make the package, the two swivels are slid against one another, the trace coiled and placed under the lead weight, and the baited hook placed on top of the weight. Finely chopped chum is then placed over the baited hook. The package is then formed by folding the two sides of the cloth over the chum, followed by the bottom corner and lastly the top corner where the two swivels are. The fisherman then uses the cord to bind the package by first wrapping it five or six turns in one direction. Holding the cord, he turns the package 90 degrees, and makes another five or six wraps. The fisherman then loops the end of the cord and pushes it under the bindings to secure the package with a slipknot. The package is dropped and the slipknot released in the same way as for drop-stone fishing. The difference is that when the package unwraps, the main line is pulled in 3-6 m to pull the cloth and weight away from the baited hook and chum as well as straightening out the trace quickly to avoid tangling.

SPC's fishing trials using these methods have been limited, mainly because of the major effort put into developing the vertical longline technique. Table 3 summarises the catches achieved in the Cook Islands during two separate fishing trials around the FADs. In both cases, the fishing effort was concentrated by tying the vessel to the FAD and allowing it to come and rest around 30-40 m down-current. During

these fishing trials, usually one and sometimes two vertical longlines were also used, attached to the vessel by tether lines. This allowed the chum from the drop-stone and “palu-ahi” lines to attract fish to the vertical longlines as well. The bait used was the same as that used on the vertical longline, with old or damaged baits used for chum on the next fishing trip.

Table 3 - Catch rates for drop-stone and “palu-ahi” fishing trials in Rarotonga, Cook Islands.

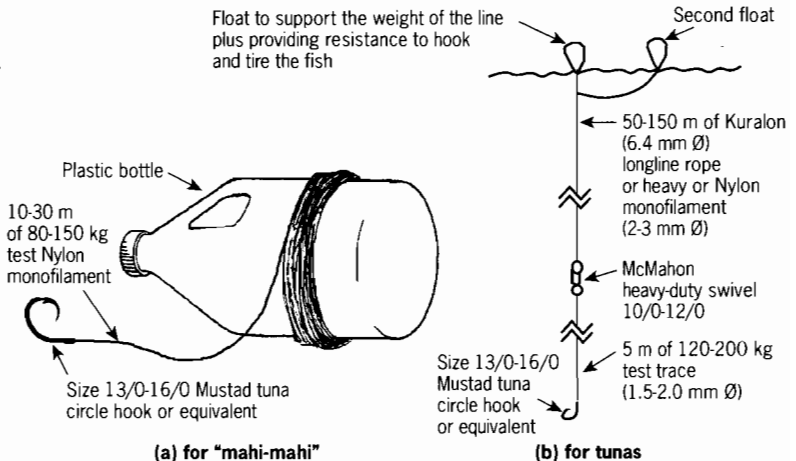
Year	Catch		Effort (line-hour)	CPUE (kg/line-hour)
	Number	Weight (kg)		
1986	110	1 506.3	444.0	3.39
1997	9	168.5	50.3	3.35

These methods were also tested in other locations (New Caledonia, Yap, Papua New Guinea) where the vessel drifted. However, because the vessel constantly moves, there was no continuous chum trail, which resulted in no catch. Additionally, when drifting vertical longlines, this gear needed to be moved as it drifted away from the FAD, which limited the time available to conduct other fishing methods like drop-stone and “palu-ahi”.

Single-hook drifting lines

The term single-hook drifting line covers a wide range of gear and is fairly self-explanatory. Figure 7 depicts two simple forms of drifting lines, one designed for smaller surface species such as “mahi-mahi” and the other for larger tunas. For smaller fish, a plastic bottle with 10-30 m of 80-150 kg test Nylon monofilament attached and a single hook (13/0-16/0 Mustad tuna circle) is used. For larger fish, the main line is 50-150 m length and usually made of 6.4 mm Kuralon rope. A Nylon

Figure 7
Several arrangements
for single-hook drifting lines.



monofilament trace is attached by a swivel to the main line, with a single hook on the other end of the trace. The line is buoyed off by one or two floats.

Fishing with this gear is simple. A vessel motors up-current from an FAD and deploys as many of these lines as they are comfortable using, usually from 5 to 10. The vessel then “patrols” the lines to follow their drift as well as watching for any with obvious signs of a fish being hooked. When fish are seen to be hooked, the line is retrieved and the fish put on board. When the lines have drifted past the FAD, they are retrieved and taken up-current and reset. FAD masterfishermen have observed good catches of tunas and other species taken by local fishermen using this gear around FADs.

Conclusion

The use of midwater fishing techniques has proved very successful in catching larger, deeper-swimming tunas around FADs in some countries and territories in the region. Seasonality of tunas in different locations has been identified as the main limitation to the use of midwater fishing gears, and has greatly affected the results of SPC’s fishing trials in the region.

Concentrating fishing effort close to the FAD through securing the gear and/or vessel to it, has produced better catch rates when compared to catches from gear drifted past FADs. This is especially true when using both vertical longlines and drop-stone and “palu-ahi” methods at the same time, where the chum from the handline methods attracts fish to the other lines.

Using this gear is not without its problems. When drifting the gear, there is always the chance that it may tangle with the FAD mooring line, thus adding to the chance of mooring failure. Also, if several vessels, especially larger and heavier vessels, tie up to the FAD at one time, added strain is placed on the mooring line, which may also add to the chance of mooring failure. Vessels tying to an FAD, especially in rough weather, may also cause the mooring anchor to drag.

Bibliographic references

- Chapman L., Cusack P., 1997. Report of fourth visit to the Cook Islands (Part I, 17 November 1985-29 July 1986, and Part II, 14 November-23 December 1986). Capture Section. SPC, Noumea, New Caledonia. Unpubl. Rep., 6, 51 p.
- Preston G., Chapman L., Mead P., Taumaia P., 1987. Trolling techniques for the Pacific Islands: a manual for fishermen. Noumea, New Caledonia. SPC Handb., 28, 162 p.
- Preston G., Chapman L., Watt P., 1998. Vertical longlining and other methods of fishing around Fish Aggregating Devices (FADs): a manual for fishermen. SPC, Noumea, New Caledonia, 64 p.

The development of Fish Aggregating Devices (FADs) in the Cook Islands

Ian Bertram, Sonny Tatuava

Ministry of Marine Resources, Cook Islands

Abstract

Since 1980 a programme of Fish Aggregation Device (FAD) deployment has been carried out in the Cook Islands. Government has deployed all FADs between 1 to 3 nautical miles from shore at depths ranging from 800 to 1,600 metres. The FADs have undergone various designs with varying degrees of success. The average FAD lifespan during the early 1980s was nine months; however, it increased to 18 months, with some FADs in operation in excess of 30 months. Each FAD cost between NZ\$ 7,000 and NZ\$ 9,000 to build and deploy. Since their introduction, FAD have been widely accepted as a very effective apparatus in coastal small-scale fishing activities, specifically for pelagic species. Judging by the progressive behaviour of local fishing communities, there is sufficient reason to believe that FADs have created productive fishing zones for Cook Islands fishermen to enable them to supply the ever-increasing local market for fresh fish. FADs are an integral part of local fishing communities and provide a reasonable form of income to the increasing fishing community.

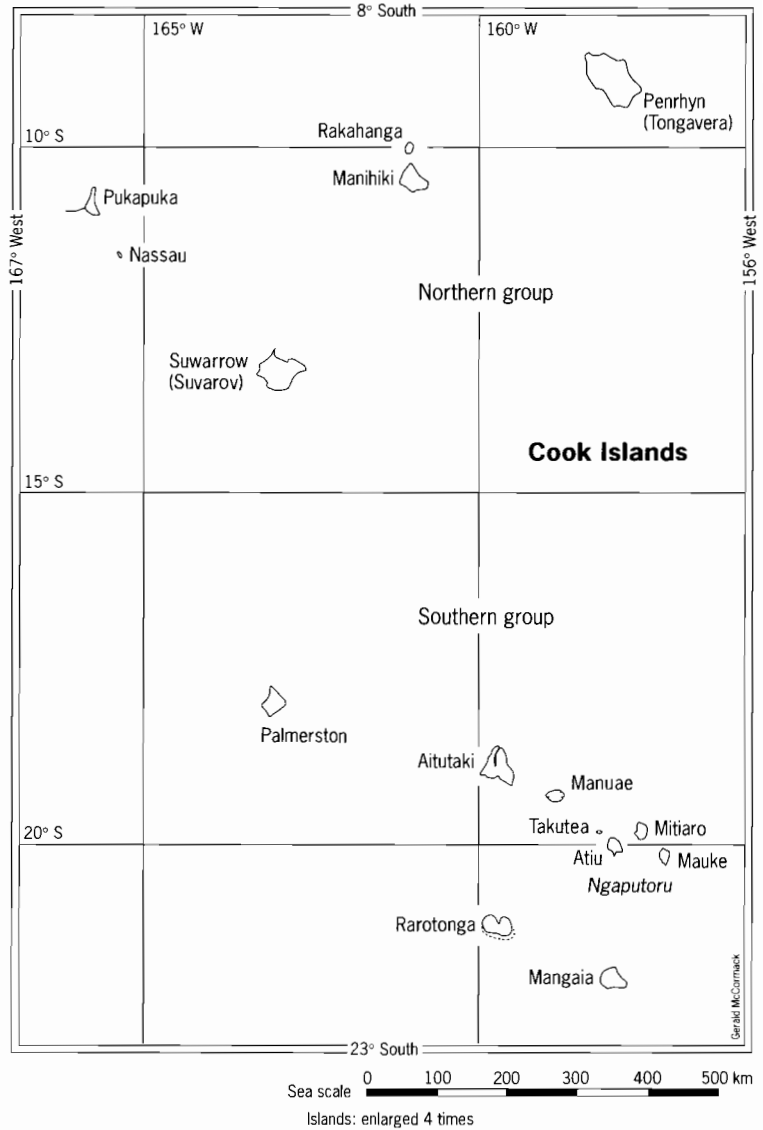
Introduction

The country

The Cook Islands comprise 15 islands that extend over 1,500 km of ocean in a north-south orientation. The country, located between 156°W and 167°W longitude and 8°S and 23°S latitude (Central Polynesia), has a 200-mile economic zone (EEZ) of 1,830,000 square kilometres. The 15 islands have a total land area of 237 sq. km and fall naturally into the northern and southern groups (fig. 1). The islands of the northern group, as well as Aitutaki and Manuae in the southern group, are typical coral atolls, generally enclosing a lagoon. The southern islands of Mauke, Mitiaro, Mangaia and Atiu are volcanic with elevated encircling reef platforms adjacent to the coast. These islands have soils which range from heavily weathered and infertile soil in the older islands to the highly productive younger soils of Rarotonga, which is a high volcanic island.

The Cook Islands climate is generally mild. In the southern group, temperatures range from 16°C in August to 32°C during January with an annual average of 25°C. In the northern atolls, temperature range from 20°C to 37°C, averaging 29°C. Rainfall can vary considerably from year; however, it is normally around 200 cm per year. Winds are

Figure 1
Cook Islands.



predominantly from the south-east quarter, average speeds varying from 13 km/h in the southern group to 16 km/h in the northern group. The Cook Islands lie within the cyclone belt and during the cyclone season (November to March) are subject to occasional tropical cyclones. The Cook Islands are a self-governing State in association with New Zealand. The country has a population of approximately 18,000; the majority reside on Rarotonga (55%) and Aitutaki (13%) (Anon., 1997). The Cook Islands cash economy is best developed on Rarotonga, the capital and seat government, and on Aitutaki, which is a popular tourist destination. The economy is primarily based on growing tourism, off-shore banking and black pearl industries.

Marine resources and fisheries

The fisheries sector is one of the nation's major exploitable natural resources. Marine resources are divided into aquaculture (primarily for black pearls), offshore fisheries (tuna and tuna-like species), coastal reef-associated fisheries, and offshore minerals (magnesium). With the exception of the pearl industry on Manihiki, development activities to date have experienced problems due to various constraints. They include (1) the lack of investment capital, (2) limited entrepreneurial and management skills, (3) the dispersed and isolated nature of the islands, and (4) lack of infrastructure. Currently, the capacity to commercially utilize these resources is lacking. As a consequence the resources in the Cook Islands have yet to be fully developed.

The production of black pearls from Manihiki and Penrhyn is one of the country's major industries and is ranked as the second largest export earner after tourism. Black pearls (raw and processed) accounted for an average of 85 per cent of exports from the marine sector over the last 10 years. Other export fisheries include ornamental fishes, trochus and black-lip pearl shells. Within ecological safe limits, efforts are being made towards the full commercial development of these fisheries.

The consumption of food derived from the sea ranges from 15 kg/person/year on Rarotonga to 45 kg/person/year on Aitutaki and 100 kg/person/year on Penrhyn, with an overall annual average per capita consumption of 47 kilogrammes. There are three main areas fished in the Cook Islands: the reefs, the near coast and offshore. Reef-associated fisheries are predominantly utilized by Cook Islanders and remain largely subsistence in nature. Bottom-, troll-, spear- and gillnet-fishing, and gleaning and scoop-netting of flying fish are common activities used to exploit both the near coast and reef fisheries. In addition to subsistence harvesting, small-scale commercial fishing occurs in the more populated southern islands, particularly on Rarotonga and Aitutaki where urban population and tourism have created a strong demand for fresh seafood. The establishment of Fish Aggregation Devices (FADs) since 1980 has resulted in the increased production of pelagic fish species including skipjack, yellowfin, albacore and bigeye tunas, "mahi-mahi", wahoo and billfish.

The Cook Islands currently have a limited capacity to fish in oceanic waters. As a consequence, the Ministry of Marine Resources (government agency) has established licensing agreements with distant water fishing nations in order to exploit the country's tuna resources. The country is, however, keen to establish a locally-based, small-scale (20-30 m vessels) longline fishery, possibly through joint ventures with foreign investors.

FAD programme

History

In 1980, a programme of FAD deployment was introduced to the Cook Islands. The major objectives of the introduction were to improve productivity by reducing scouting time and associated travelling costs, to

improve the safety of small-scale fishing operations, and to divert fishing effort from coastal species to pelagic fishes.

All FADs deployed by the government in the Cook Islands are anchored to the seabed in positions intended to be accessible by small-boat owners. With the introduction of the FAD programme in 1980, a total of seven and three boats regularly fished for pelagic species on Rarotonga and Aitutaki respectively (Dashwood & Herman, pers. comm.). The fleet has steadily grown and in 1999 a total of 60 and 20 boats fish regularly on the respective islands. Fleet size on each of the remaining islands, which have occasionally had FADs, range between 5 to 10 boats. The boats are mostly wooden skiffs from 4.5 to 7 m length, powered by out-board engines from 25 to 60 horsepower.

These regular FAD-fishing vessels, most of which operate on a part-time basis, utilize a variety of fishing methods, including trolling, vertical longline and drop-stone fishing, with the occasional episode of live bait-, night-, and pole-and-line fishing. These methods are best described by Preston *et al.* (1987, 1998, 1999). Over the last 15 years government and intergovernmental organizations have developed and implemented training programmes to improve fishing craft, gear and fish handling techniques to ensure a reasonable supply of tuna and other pelagic species to the local markets. However, the current demand still exceeds supply.

FAD technology and deployment

Since the implementation of the FAD programme, various designs have been used in the Cook Islands with varying degrees of success. Initial float systems were constructed from a number (1 to 3) of foam-filled plastic or steel drums (200 l) lashed together or welded in steel frames. This was followed with the use of aluminium catamarans. These designs were found to have bow and stern responses to wind and current directions, therefore were subject to turning in either anti-clockwise or clockwise directions. The outcome of these sudden movements caused twisting in the main mooring line despite the presence of a substantial quantity of swivels. These designs were latter replaced with steel spar buoys and more recently with the Indian Ocean designs (refer to Gates *et al.*, 1996).

Hardware components are made of galvanized steel with the occasional attachment of anodes. Initially, three-strand polypropylene rope (22 mm) was used as the main mooring with counter weights of chain attached at the center of the mooring line to act as a counter weight. The catenary curve was later introduced with the use of Nylon rope (19 mm) at the upper portion of the mooring line. By 1998, eight-strand Nylon-and-polypropylene rope substituted the three-strand mooring line.

In total, approximately 70 FADs have been deployed on various islands in the Cook Islands depths ranging from 800 to 1,600 metres. During deployment the buoy is released and the mooring line paid out as the deployment vessel steams away from the buoy. The anchor is released when the vessel reaches the intended FAD site. Depending on sea

conditions, the deployment releases the mooring line either in a circular, zigzag or hairpin configuration over the intended FAD site. FADs that were unintentionally dropped in shallow water have had the mooring line shortened; however, little can be done to those dropped in areas deeper than intended.

The Cook Islands FAD programme has provisions for monthly inspections and maintenance. This involves diving using scuba equipment to allow visual checking of the upper components and if necessary repair or replacement of worn components; this has to be managed as well as possible, often under very dangerous conditions. Common problems observed during inspections included worn hardware components (normally after the FAD has been in place in excess of nine months) and the mooring line fouled with fishing gear.

Through regular improvements, FAD longevity in the Cook Islands has improved considerably; however, it is by no means perfect. Prior to 1985, average life expectancy was within the order of nine months; this was later extended to an average of 18 months primarily due to a regular maintenance programme. Between 1990 and 1995, average longevity increased slightly; however, a number of FADs were in place in excess of 30 months, with one FAD achieving 61 months¹. These long-lasting FADs were steel spar buoys deployed in sites which had previously been surveyed using echosounding and global positioning (GPS) equipment. In an effort to improve the longevity of FADs, 200 m of soft PVC tubing were added to protect the upper portion of the mooring line, and the spar buoy was substituted with the Indian Ocean raft. Despite site surveys and regular maintenance, the loss rates have been unacceptably high. The short lifespan is believed to be due to the lack of pressure resistance in the buoy system². This could be improved by substituting a number of purse seine floats with pressure floats capable of withstanding depths to 300 metres.

Apart from deployment errors and mechanical failures, FADs have been lost through ship collisions, sabotage and cyclones. Ship collisions have occurred in the past due to inadequate markings and little consideration given by the deployment agency to local shipping activity. Collision problems have now been minimized by the clear marking of FADs and closer cooperation with shipping authorities. With regards to sabotage, FAD moorings have been cut for unknown reasons and lights removed by early-morning fishermen to hinder FAD identification by other fishermen. On several occasions, particularly during early-morning troll fishing, disputes have arisen among fishermen or individual boat owners from

1. This FAD initially had a steel spar buoy, which was replaced after 24 months due to heavy rust. The second buoy was replaced after 28 months with the Indian Ocean design which lasted for a further 9 months.

2. The buoy system comprises 40-50 purse seine floats (each has a buoyancy of 7 kg) strung onto 30 m of PVC-coated 16 mm galvanized wire rope. We suggest, if this system is going to be used, to add 4-5 pressure floats (each having a buoyancy of 20 kg) capable of resisting the pressure at 300 m depths between purse seine floats.

other locations. However, the most contentious issue with regards to FADs and people in the Cook Islands is the use of midwater fishing techniques and the capture of baitfish. During midwater fishing activities fishers tend to moor boats to FADs. Other fishermen believe that this causes undue stress to the FAD mooring system and that the use of ground bait drives tuna and associated species to depths where troll-fishing is ineffective. On some occasions the disputes have become serious, with fishermen being threatened with machetes. There is one known case of firearm use but fortunately no fishermen were harmed. Fishermen have disagreed to baitfishing at FADs due to the justifiable reason that baitfish attract large schools of pelagic fishes. However, individuals carrying out FAD inspections have reported that large schools of baitfish (*Decapterus macarellus* and *Selar crumenophthalmus*) are generally not found at FADs during periods of good pelagic fish catches.

Data collection

Attempts have been made to determine the benefits of FADs to fishing communities in the Cook Islands. These have generally involved the recording of information such as species, size composition, fishing methods and fishing period. However, information from outer islands is incomplete and hence difficult to interpret. As a consequence, reports only relate to the FAD programme on Rarotonga.

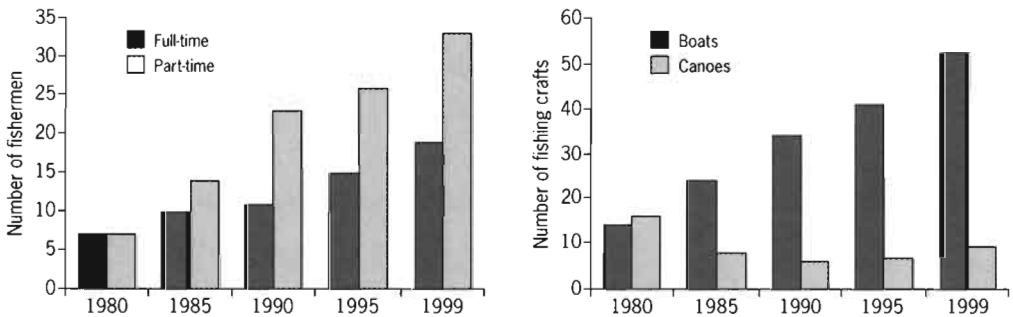
Sims (1988) reported that trolling around FADs produced higher returns in terms of catch volume than trolling along reef areas. He also reported that FADs enhanced the development of highly productive midwater fishing activities. Mitchell (1997) reported a five-fold increase in catches around FADs compared to the reef coast. A third study showed that fishermen made slightly more (20%) fishing trips to FADs as opposed to the reef coast (Bertram *et al.*, 1999). It also reported a 35 per cent increase in annual yield and the fishing community received a ten-fold catch return on the money paid for deploying one FAD. The latest report concluded that, in the absence of FADs, fishing effort would largely be distributed along the coast or perhaps a decline in catch volume may be expected.

All three studies reported midwater fishing activities to be more productive than troll fishing. Bertram *et al.* (1999) estimated average gross income of NZ\$ 210 and NZ\$ 95 for midwater and troll fishing trips respectively; however, they found only 10 per cent of all trips made to FADs carried out midwater fishing activities during 1998. Returns to fishermen are highly variable depending on fisherman experience and vessel economics. The average monthly catch values for FAD troll-fishing range from NZ\$ 30 to NZ\$ 155, with an overall average of NZ\$ 95 per trip (calculated from Berttam *et al.*, 1999). Catch composition by weight for fishing at FADs during 1998 comprised 75 per cent yellowfin tuna, 12 per cent skipjack, 9 per cent wahoo and the remaining 4 per cent made up of marlin, rainbow runner, "mahi-mahi", barracuda and albacore. These estimates were similar to those reported by Mitchell (1997).

Social and economic effects

No studies in the Cook Islands have quantified the social economic importance of FADs to fishing communities and society as a whole, or how the FADs interact with the national economy. This is recognized as an important yet difficult task. Since the introduction of the FAD programme, there has been an increase in the number of fishermen who regularly fish, most of whom operate on a part-time basis. Currently, there are 19 full-time³ fishermen on Rarogonta, three of whom are charter operators (fig. 2). On Aitutaki there are a total of four full-time fishermen and one full-time charter operator. Part-time⁴ fishermen appear to have increased rapidly; this could be due to improved economics of fishing and the increasing demand for seafood, which has created alternative opportunities to supplement household income. FAD fishing in the Cook Islands remains largely a male-dominated activity, with fishermen ranging in age from 17 to 65 years. Fishermen regard FADs as useful tools, and nearly always visit FADs when fishing in the area.

Figure 2
The growth of full-time and part-time fishermen (left graph) and fishing crafts (right graph) on Rarotonga. The graphs do not include occasional fishermen or fishing crafts.



Finance

Despite the generally accepted benefits that FADs bring to fishing communities, the central government financing agency does not seem to recognize the importance of FAD programmes. Prior to 1993, the majority of FADs deployed in the Cook Islands were funded through aid programmes with little financial contribution by government. Subsequent FADs were purchased through the operating budget of the government agency responsible for the programme. However, due to economic reform (in 1995) and prioritization of government activities, the agency responsible for the programme was unable to continue with the purchase of FAD materials for future deployment at various locations. As a consequence of this difficulty and in an effort to instigate a

3. Full-time fishermen are those who fish to provide more than 90 per cent of their income.

4. Part-time fishermen are those who fish on a regular basis to supplement household income; this does not include occasional fishermen.

“user-pays” system, fishermen were asked to develop means to generate funds for the programme. An association was formed in November 1998 with representation from all fishing clubs in the Cook Islands. This association’s primary task is to identify areas where government can more effectively provide assistance, and to assist government in developing coastal fisheries policy guidelines and regulatory measures on the use of FADs. Through cooperative efforts between the association and government agencies, fishermen have made contributions which range between 15 to 30% to the FAD programme. Fishing communities⁵ have used and suggested different methods to raise funds for their FAD programme, they include the following:

- The Aitutaki fishing clubs currently have two FADs, one 11-month old, the second 27-month, both were funded by government and aid sources. Club members have agreed to designate a day in which fishermen fish and sell the catch at reduced prices. The fishing days would occur during periods of high catch rates and when there is a general glut on the tourist market (restaurants, hotels).
- Mangaia Island has a much smaller club membership and lacks significant tourist facilities. Club members have designated the first Saturday of each month (weather dependent) as FAD fund raising fishing days.
- Boat owners of the four fishing communities on Rarotonga contribute NZ\$ 50 per year to their respective clubs.
- On Manihiki a fisherman-pearl farmer voluntarily funded 60% of a complete FAD. This surprisingly generous offer is the first of its kind. To avoid the possibility of ownership that may result in disputes, or sabotage, the Ministry of Marine Resources has requested that other fishermen also contribute towards their FAD fund.

Funds raised by each club are placed in their respective accounts. Using the various systems, three FADs have been deployed and materials for two more FADs have been ordered. It is anticipated that the contribution by fishing communities will gradually increase with time, particularly the more developed fishing communities of Rarotonga and Aitutaki.

Bibliographic references

- Anon., 1997. Cook Islands 1996. Census of population and dwellings. Main Report. Min. Fin. Eco. Man., Rarotonga, 105 p.
- Bertram I., Tatuava S., Kaitara L., Rongo N., Apolo N., Roi T., Mitchell J., Makikiriti N., 1999. Rarotonga Fish Aggregate Device (FAD) and coastal catch report for 1998. Mis Rep. No 99/19. Min. Mar. Res., Rarotonga, 14 p.

5. There are several fishing communities and clubs in the Cook Islands, these bodies consist of president, committee and club members, and some have clubhouses (similar to a sports clubs). The Cook Islands Fishermen’s Association is a body made up of all fishing club presidents.

- Gates P., Cusack P., Watt P.G., 1996. Rigging deep-water FAD mooring. SPC, Noumea, New Caledonia, II, 43 p.
- Mitchell J., 1997. FAD survey report. Mis. Rep. no. 97/1. Min. Mar. Res., Rarotonga, 4 p.
- Preston G.L., Chapman L.B., Mead P.D., Taumai P., 1987. Trolling techniques for the Pacific Islands. A manual for fisherman. SPC Handb., 126 p.
- Preston G.L., Chapman L.B., Watt P.G., 1998. Vertical longlining and other methods of fishing around Fish Aggregating Devices (FADs). A manual for fisherman. SPC Handb., 64 p.
- Preston G.L., Mead P.D., Chapman L.B., Taumai P., 1999. Deep-bottom fishing techniques for the Pacific Islands. A manual for fisherman. SPC Handb., 82 p.
- Sims N., 1988. A cost-benefit analysis of FAD in the artisanal tuna fishery in Rarotonga. SPC Inshore Fish. Res., 36, 11 p.

Session 4

Impact de l'exploitation des DCP sur les ressources

Effect of FADs on fisheries resources

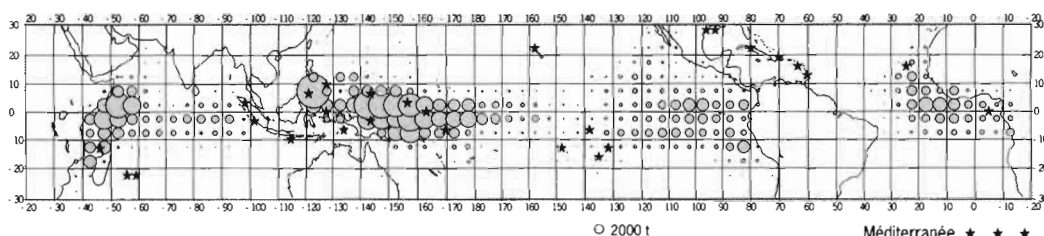
Session 4

Impact de l'exploitation des DCP sur les ressources - *Effect of FADs on fisheries resources*

Président : John Sibert - Rapporteur : Alain Fonteneau

L'impact des objets flottants sur les ressources a été évoqué ou traité explicitement dans diverses conférences, celles de la session 4, mais aussi durant les autres sessions. Le présent rapport tente de dégager les enseignements et les questionnements scientifiques à l'issue de ces exposés.

Les diverses sessions ont clairement montré que la pêche sous dispositifs de concentration de poissons (DCP) s'est considérablement développée mondialement depuis une vingtaine d'années, tant avec des objets ancrés (pêcheries artisanales, sportives et parfois de senneurs) que par des objets dérivants (uniquement les pêcheries industrielles de surface). Ces nouvelles pêcheries visent principalement les thonidés (albacores, listaos et patudos), les espèces assimilées aux thons (marlins, voiliers), mais aussi parfois d'autres espèces pélagiques (telles que les dorades coryphènes, les sérioles ou les requins) qui sont souvent associées aux objets flottants. Le symposium a permis de bien mettre en évidence les principales zones où sont déployés ces DCP, c'est-à-dire essentiellement les zones intertropicales de l'océan Indien, de l'Atlantique et du Pacifique.



Localisation des pêcheries utilisant des DCP ancrés (étoiles) et prises moyennes de thons sous DCP dérivants par les thoniers senneurs (cercles proportionnels aux prises de la période 1994-1997).

Cet accroissement de la pêche sous DCP a considérablement augmenté la vulnérabilité et, par conséquent, les captures d'un certain nombre d'espèces associées aux objets flottants : juvéniles de certaines espèces (patudos, albacores, dorades coryphènes), mais aussi parfois les adultes (listaos, albacores, patudos, requins, marlins, etc.). Le symposium a permis de bien évaluer les prises sous objets dérivants réalisées par les thoniers senneurs qui dépassent actuellement un million de tonnes de thons, avec une prise d'espèces associées qui est estimée à environ 100 000 tonnes. Par contre, même l'ordre de grandeur des captures mondiales réalisées sous DCP ancrés demeure difficile à estimer. En effet, si de nombreuses pêcheries artisanales sur DCP ont été bien décrites

lors du symposium, les quantités qu'elles capturent restent le plus souvent inconnues, faute d'un suivi statistique adéquat. Cette méconnaissance quasi universelle des quantités (et des tailles) capturées sur DCP ancrés constitue un facteur limitant majeur pour bien évaluer :

- les performances et l'efficacité réelle de ces objets ;
- leur impact potentiel sur les ressources ;
- les probables interactions entre pêcheries industrielles et artisanales (insulaires en particulier).

La pêche industrielle sur DCP dérivants capture probablement des quantités de poissons bien supérieures à celles des pêcheries artisanales. Il est aussi indiscutable que le déploiement massif des DCP a accru considérablement les captures de certaines espèces (par exemple les juvéniles de patudo, listao, dorade coryphène, marlin, etc.) et que ceci ne peut que diminuer la biomasse de ces ressources. L'ampleur de cette baisse de biomasse n'a jamais pu être évaluée avec précision. Il est toutefois probable que certaines espèces qui étaient, de fait, très peu vulnérables en l'absence de DCP (comme les marlins, ou les patudos et les dorades coryphènes juvéniles), sont maintenant devenues des espèces cibles pour de très nombreuses pêcheries artisanales (dans les Antilles, par exemple). Ces tailles et/ou espèces sont donc devenues très vulnérables, et donc potentiellement menacées de surexploitation. Ceci risque d'être, par exemple, le cas des marlins de l'Atlantique, stocks qui sont jugés par l'ICCAT comme étant déjà surexploités et qui sont capturés aisément sous les DCP ; ce qui devrait accroître fortement la prise de ces espèces (un tel accroissement étant biologiquement dangereux si ces stocks sont réellement surexploités).

Il faut noter que l'analyse des données de la pêche industrielle apporte à elle seule un certain nombre d'enseignements intéressants, du fait de l'importance de ses prises ainsi que des bonnes données statistiques disponibles pour cette flottille. Elle a ainsi permis de montrer que le spectaculaire accroissement mondial des prises sous DCP dérivants est susceptible de poser de multiples problèmes et d'introduire des risques accrus pour la conservation des ressources pélagiques :

- baisse probable de la production par recrue et surexploitation de croissance pour divers stocks (patudo mondialement, listao de l'Atlantique par exemple), du fait des captures accrues d'individus de petite taille ;
- danger accru qu'à plus long terme certains stocks reproducteurs descendent, avec les prises excessives de juvéniles, en dessous de niveaux biologiques critiques (surexploitation du recrutement). Ces deux dangers potentiels demeurent très difficiles à préciser à cause des considérables incertitudes sur la mortalité naturelle des juvéniles et de la méconnaissance des biomasses d'adultes ; les données disponibles sur les indices d'abondance des adultes indiquent que, en 1998 au moins, ces seuils critiques n'auraient pas encore été atteints ;
- dangers biologiques liés au fait que les très nombreux DCP pourraient introduire, par leur simple présence, des modifications des déplacements de certaines espèces (hypothèse du « piège écologique » développée pour les thons et les dorades coryphènes) ;

- dangers potentiels introduits sur certaines espèces sensibles, non ciblées, mais souvent capturées accidentellement sous DCP dérivants. Ces rejets, sans être très importants eu égard à l'immensité des écosystèmes exploités, sont significatifs (environ 100 000 t) et trop mal échantillonnés par les scientifiques. Certaines espèces rares ou sensibles peuvent en être victimes ;
- les DCP ont aussi introduit de sérieuses difficultés pour bien évaluer l'état des stocks de thons tropicaux (par exemple, celles résultant des changements de zones de pêche, des tailles capturées et de la nature même des efforts de pêche ciblant désormais les objets flottants). Il devient, de ce fait, très difficile d'estimer les effets sur les ressources des prises accrues sous objets flottants.

En conclusion, il apparaît clairement, pour ce qui concerne les effets des DCP sur les ressources, que :

- un suivi statistique par échantillonnage des pêcheries artisanales sous DCP ancrés est indispensable et urgent pour permettre la conservation des ressources et la gestion durable de cette méthode de pêche ;
- ce mode de pêche sur DCP est, à court terme, globalement très efficace pour capturer à moindre coût, et par des flottilles artisanales, des ressources halieutiques qui étaient auparavant très peu, voire pas du tout, accessibles. Toutefois, les DCP n'accroissent pas véritablement la productivité biologique de l'océan (comme peuvent le faire parfois les récifs artificiels). Ils ne font qu'accroître la vulnérabilité de certaines ressources dans plusieurs zones et donc leur mortalité par pêche, en permettant parfois ainsi de mieux atteindre la prise maximale équilibrée des stocks (patudo de l'Atlantique, par exemple). Dans d'autres cas, les DCP pourraient diminuer la production globale des stocks, par exemple dans l'hypothèse du DCP comme « piège écologique » ou en cas de surexploitation accentuée. Les effets sur les ressources ciblées par les DCP dépendront donc essentiellement de l'état des stocks : des effets positifs sont à prévoir pour les stocks qui étaient sous-exploités (avec donc accroissement soutenable des prises) ou, au contraire, une surexploitation accrue, plus ou moins grave selon son type, pour les ressources qui étaient déjà pleinement exploitées. Des effets positifs indirects sur les ressources ont souvent été évoqués dans les exposés ; ils résultent (parfois) du transfert d'un effort de pêche qui visait au préalable des ressources démersales, en général surexploitées, vers un effort de pêche sur DCP qui vise des ressources pélagiques souvent sous-exploitées ;
- l'emploi mondial massif et non planifié (à l'échelle des stocks) des DCP, tant ancrés que dérivants, et le fort accroissement des prises qui en résulte, introduisent des risques accrus pour la conservation d'un certain nombre de ressources pélagiques. Ce problème est d'autant plus aigu que les statistiques de pêche et les recherches halieutiques visant à évaluer les effets, à moyen et long termes, des DCP sur les ressources, demeurent rares et mal coordonnées internationalement. Il est probable que l'emploi massif actuel des DCP devra être contrôlé et limité

à des niveaux biologiquement acceptables, mais ces niveaux demandent à être définis dans le nouveau contexte de l'approche de précaution appliquée aux pêches. Une recherche active devra être menée pour bien définir les modalités pratiques, efficaces et réalistes, qui permettront de limiter efficacement les effets négatifs des DCP sur les ressources et les écosystèmes ;

- des recherches internationales menées, à une grande échelle, sur les DCP et sur leurs effets potentiels pour la gestion durable des ressources pélagiques devraient être initiées au plus vite pour déterminer ces futures stratégies de pêche visant à une utilisation rationnelle et durable des DCP. Cette recherche devrait, pour la plupart des espèces, par exemple les thons et les poissons porte-épée, être réalisée à l'échelle des stocks exploités dans chaque océan, mais logiquement aussi à un niveau mondial du fait des remarquables analogies dans les problèmes halieutiques que posent mondialement les DCP.

The impact of FAD innovation on the performance of US tuna purse seine operations in the Pacific Ocean

Gary T. Sakagawa

Southwest Fisheries Science Center, National Marine Fisheries Service,
La Jolla 92038, California, USA - Gary.Sakagawa@noaa.gov

Abstract

It is generally accepted that innovations in tuna purse seine technology have affected fishing operations and the traditional measurement of fishing effort, days fished including searching time. Not much is known, however, about the actual effects of the innovations on fishing performance. Data from the US tuna purse seine fishery in the Western Pacific Ocean were used to determine the impact of drifting Fish Aggregating Devices (FADs) on the performance of the US fleet. The results indicate, *inter alia*, a high rate of success (96%) in catching tuna and high yield rate (37 t/successful set) for FAD sets. Log sets were comparable in success rate (94%) and catch rate (36 t/successful set). Unassociated sets, on the other hand, had a higher catch rate (42 t/successful set) than FAD sets, but a low success rate, 53 per cent. FAD sets significantly improved the fleet's performance.

Introduction

The purse seine revolution in tuna fishing for tropical tunas began in the late 1950s-early 1960s (McNeely, 1961) and continues unabated. It started with development of Nylon netting, and invention of the Puretic power block. Later, it advanced to improvements in deck equipment, introduction of helicopters, specially designed vessels, and procedures for fishing dolphin-associated schools (Green *et al.*, 1971). In the 1980s, further advances were made in net design, deck equipment, ship design as well as the introduction of electronic equipment, e.g. bird-radar, echosounders, satellite imagery, etc. (Fonteneau *et al.*, 1998; Ben-Yami, 1994). More recently, drifting Fish Aggregating Devices (FADs; Ben-Yami, 1994) were introduced and are radically changing purse seine fisheries for tropical tunas.

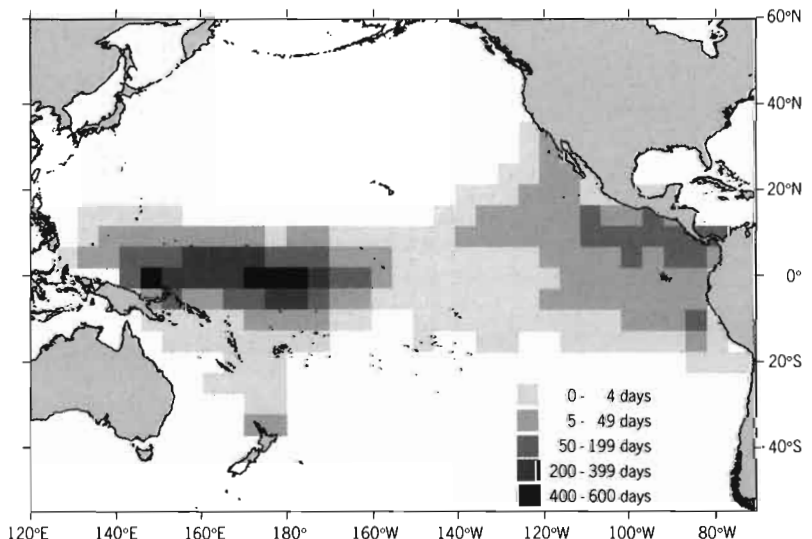
Although the generally accepted objective of these innovations has been to improve fishing efficiency, the actual effects of the improvements on fishing success have not been analysed. Instead, efficiency effects are assumed to be embedded in catch rates and have been evaluated with statistical tools (Fonteneau *et al.*, 1998). A different approach was used to study the effects of fishing efficiency and the results are reported in

this paper. The author used standard fishery data from the US tuna purse seine fishery of the Pacific Ocean to determine the effects of FAD technology on the fishery. The approach compares detailed set-by-set data for periods before and after introduction of FAD technology.

Overview of fishery

The US purse seine fishery for tropical tunas in the Pacific Ocean targets skipjack (*Katsuwonus pelamis*) and yellowfin (*Thunnus albacares*) tunas. Bigeye tuna (*T. obesus*) which is less abundant and frequently school with the target species, is caught as an incidental tuna species. The fishery is centered in roughly two separate regions, east and west of 150°W longitude (fig. 1). In the eastern region, the fishery has been well documented (Sakagawa, 1991) and, since 1950, managed through international agreement (Inter-American Tropical Tuna Convention (IATTC); Joseph & Greenough, 1979). In the western region, the US fishery began in the mid-1970s (Felando, 1987) and, since June 1988, has been managed through a fishing access agreement (South Pacific Tuna Treaty (SPTT) between the US and 16 Pacific Island nations (Coan *et al.*, 1997). The US fishery has undergone considerable changes over a period of some 50 years. Most significant is that the fleet has been gradually shrinking and the operations increasingly concentrated in the Western Pacific Ocean. This trend began in the early 1980s and accelerated in the 1990s owing mainly to changing business opportunities, discovery of better techniques for fishing tunas in the Western Pacific and the closing of the US market to tuna caught with dolphins (Sakagawa, 1991). Before this trend began, the US fleet was concentrated in the Eastern Pacific and was heavily dependent on dolphin-associated schools, which yield large-sized yellowfin tuna (Perrin, 1969).

Figure 1
Geographic distribution of average fishing effort (days fished) for US tuna purse seine fishing in the Pacific Ocean, 1989-1998.



In 1982-1983, a strong, warm El Niño-southern oscillation (FFA; Philander, 1989) episode occurred in the Pacific. It reduced catchability of tunas in the eastern region and improved catchability in the western region. Fishing in the eastern region became unprofitable. For vessels to move their operations to the Western Pacific, costly investment was involved in deeper and lighter nets and new deck equipment for fishing conditions in the west. The heavy nets (Ben-Yami, 1994) for dolphin-associated schools used in the east were unsuitable for the western region where dolphin-associated schools are rare, and unassociated schools and log schools are common. Some vessels made the costly investment and shifted their operations while others tied up in port or were sold to foreign interests (Sakagawa, 1991). Later when the FFA abated, some vessels returned to the east and resumed fishing largely on dolphin-associated schools. This lasted until 1990 when US tuna processors adopted a policy of processing only tuna caught with dolphin-safe techniques. Vessels in the eastern fishery immediately lost their principal market for their catch, and faced the choices of converting to dolphin-safe techniques only, continuing with dolphin-associated fishing and finding new markets, selling their interests, or permanently moving to the Western Pacific. Most chose to permanently move to the Western Pacific. The few that remained in the Eastern Pacific gradually adopted dolphin-safe techniques. By 1996, the US fleet fishing east of 150°W had completely converted to utilizing only dolphin-safe techniques.

Fishery statistics for the fleet reflect this trend (tab. 1). For example, between 1989 and 1998, the number of purse seiners participating in the eastern fishery decreased 74%, from 31 vessels in 1989 to 8 vessels in 1995, then increased to 9 vessels, in 1996 and remained at that level. The US catch was 98,100 t in 1989 with 80% yellowfin tuna. By 1998, the US catch had decreased to 18,800 t and yellowfin tuna made up 35% of this catch. In the western fishery, the number of vessels is limited by the SPTT (currently, up to 50 vessels), and fluctuates because some vessels participate in both eastern and western fisheries in some years.

Table 1 - Catch for the US tuna purse seine fishery in the Pacific Ocean.

Year	Western ¹					Eastern ¹				
	No. of Seiners ²	Skipjack	Catch (t)			No. of Seiners ²	Skipjack	Catch (t)		
		Yellowfin	Bigeeye	Total			Yellowfin	Bigeeye	Total	
1989	35	95,000	42,900	2,400	140,300	31	19,300	78,700	100	98,100
1990	43	110,000	52,100	1,800	163,900	30	11,500	53,800	100	65,400
1991	43	177,400	37,300	1,600	216,300	15	12,700	21,300	(3)	34,000
1992	44	155,900	43,700	3,500	203,100	10	13,700	22,200	1,600	37,500
1993	42	148,400	46,000	3,700	198,100	11	18,900	19,800	1,800	40,500
1994	49	151,500	56,400	1,700	209,600	13	11,100	12,100	4,300	27,500
1995	44	132,500	31,800	3,200	167,500	8	18,500	7,900	7,100	33,500
1996	39	120,100	19,400	9,900	149,400	9	13,300	9,800	4,500	27,600
1997	35	84,700	50,200	9,100	144,000	9	15,700	8,200	5,300	29,200
1998	39	135,000	36,200	5,500	176,700	9	8,700	6,500	3,600	18,800

1. The dividing line for eastern and western fisheries is 150°W longitude.

2. Vessels that fished in both eastern and western fisheries are counted for both fisheries.

3. Less than 100 tons.

The number increased from 35 vessels in 1989 to 49 vessels in 1994 and then fluctuated lower to 39 vessels in 1998. The catch increased from 140,300 t in 1989 to a peak of 216,300 t in 1991 and then fluctuated lower to 176,700 t in 1998. Skipjack tuna has been the predominate species caught in the western fishery (76% in 1998).

Data and sources

The operations of the US tuna purse seine fleet are monitored and fishery data are collected jointly by the National Marine Fisheries Service (NMFS) and the Forum Fishery Agency (FFA) for the western fishery and by the IATTC for the eastern fishery. Data collection requirements are different for the two fisheries, but in general, involve all vessels maintaining and submitting detailed daily fishing log books and unloading information for each trip. Vessels are also required to provide access for sampling of their landings for fish sizes, species composition and for other biological information at landing ports. Furthermore, vessels are required to accommodate at sea observers who monitor fishing activity and collect data on the catch. In the Eastern Pacific, all large vessels (>363 t tuna carrying capacity) are required to carry IATTC observers. In the Western Pacific, 20% of the fishing trips are monitored with observers by the FFA and all of the vessels are characterised as large.

Western fishery

For the western fishery, detailed log book and port sampling data, (1989-1998), from NMFS files were used and served as the principal data source for the study. Since June 1988, NMFS has collected data for each fishing trip made by licensed vessels in the Western Pacific fishery. The number of days fished by the fleet ranged from 6,057 in 1998 to 8,236 in 1993 (tab. 2).

Table 2 - Fishing effort and number of sets for the US tuna purse seine fishery in the Pacific Ocean.

Year	Western ¹		Eastern ¹	
	Days Fished	Nb of Sets	Days Fished	Nb of Sets
1989	6,598	6,436	4,900	4,051
1990	6,555	6,294	3,221	2,575
1991	7,261	9,245	1,945	1,219
1992	7,562	7,440	1,808	1,253
1993	8,236	7,416	1,738	1,036
1994	8,224	8,483	882	430
1995	7,956	6,873	973	507
1996	7,161	6,002	1,047	634
1997	6,952	5,671	1,208	565
1998	6,057	4,795	722	301

1. The dividing line for eastern and western fisheries is 150°W longitude.

Vessel captains are required to record in log books the mode of activity, such as travelling to fishing area or port, searching, and breakdown, and the midday position for each day at sea. When fishing takes place, information is recorded on a set-by-set basis including the coordinates where the set was made, time of set, and type of set. If a set is successful, the captain records estimated tonnage of tuna caught by species, estimated tonnage of by-catch (usually discarded at sea), and estimated tonnage of tuna discarded. Records for by-catch species and discards are considered less reliable than those for target species owing to the relative recording priorities of vessel operators.

Codes are provided for captains to use in recording type of set. Virtually all codes used are limited to the following: (1) "unassociated", or school usually feeding close to the surface and unassociated with a floating object, whale shark or other live animal; (2) "log", or school associated with a naturally occurring floating object, such as a tree trunk, tree frond, coconut, or debris; and (3) "FAD", or school associated with a Fishing Aggregating Device, which can be a modified naturally occurring floating object or a raft constructed from bamboo, plywood, etc. and set adrift with a radio-beacon for monitoring location. When log and FAD sets are summarised and pooled, they are collectively referred to as "drifting object" sets. Total number of sets represented in the data ranged from 4,795 in 1998 to 9,245 in 1991 (tab. 2).

Catches are recorded as estimated tonnages by species. Catches of less than 0.5 t are seldom reported; consequently, sets with reported catches of tuna greater than 0.5 t are considered successful sets. The reported tonnages for skipjack tuna are generally accurate with none to insignificant amounts of other tuna species included. The reported tonnages for yellowfin tuna, on the other hand, could include bigeye tuna because US fishermen do not make a distinction between these species. This practice is largely due to the landed price for both species being the same, so there being no incentive for separating this catch by species and for keeping separate tonnage records.

Separating yellowfin and bigeye tunas, however, is performed by NMFS. This is done with data collected through a port sampling scheme, which involves statistically sampling landings for species composition. Each year, more than 55,000 fish are identified by species. The results are used to verify the purity of skipjack tuna landings and to prorate mixed yellowfin tuna landings. Proration is done according to set type and sizes of fish in the landings (Coan *et al.*, 1995). The sampling design is largely for estimating catch by species in the fleet's aggregate catch by time-area strata and not in single trip catches.

The NMFS port sampling scheme is also used to collect information on sizes of fish in the landings. Each year, several thousand fish of each species are measured (tab. 3). In 1998, for example, approximately 20,600 yellowfin tuna, 25,200 skipjack tuna and 9,600 bigeye tuna were measured. As with the design for species composition sampling, the design for size sampling is largely for estimating sizes of fish in the fleet's aggregate catch by time-area strata and not in single trip catches.

The FFA manages an observer programme for the US fleet in the western region. The programme is designed for gathering scientific and compliance information for the FFA; consequently, records are treated as confidential. Summaries of catches of incidental species and discard information gathered by observers in 1998 were reported by Coan *et al.* (1999).

Table 3 - Number of fish examined for species identification and measured for size from landings of US tuna purse seiners fishing in the Western Pacific Ocean.

Year	Skipjack	Yellowfin	Bigeye	Total
1989	26,932	40,093	6,290	73,315
1990	30,099	30,783	3,893	64,775
1991	44,324	32,893	3,731	80,948
1992	31,434	42,486	8,657	82,577
1993	30,176	37,678	6,047	73,901
1994	28,829	27,435	4,435	60,699
1995	31,065	30,768	6,294	68,127
1996	26,872	23,362	15,519	65,753
1997	25,816	31,873	12,991	70,680
1998	25,216	20,582	9,579	55,377

Eastern fishery

US data for the eastern fishery were obtained from the IATTC. The IATTC provided data aggregated for all vessels and sets combined, in conformity with its policy of not releasing individual set-by-set data of vessels. The data were unsuitable for the set-by-set analyses of the study, but were useful for general information about the fishery.

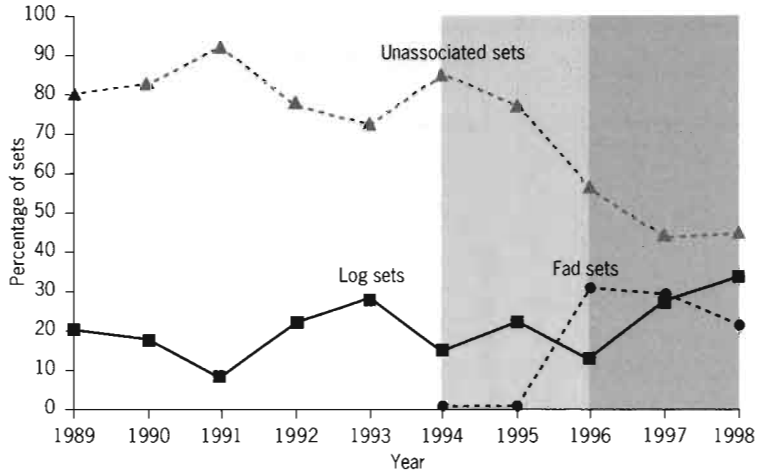
Log book data were aggregated by 5°x5° area blocks and month for each year, from 1989 to 1998. They included catch by species, type of set, and fishing effort, which represented from 722 days fished in 1998 to 4,900 days fished in 1989, and from 301 sets in 1998 to 4,051 sets in 1989 (tab. 2). Data on fish sizes were available, but were not used because the sample sizes appeared to be inadequate. Observer data were also available aggregated by 5°x5° area and month and used as supplemental information as follows.

Captains were not required to record log and FAD sets separately in IATTC log books. Typical set type codes used were unassociated, drifting object (log or FAD) and dolphin-associated schools. Observers, on the other hand, recorded log and FAD sets separately. Observer records were, therefore, used to prorate drifting object sets from log books into log and FAD sets. The IATTC requires captains to report bigeye tuna catches separately from yellowfin tuna catches in log books. The reports may not be accurate for bigeye tuna catches because of economic reasons noted above, but log book catches were used in this study rather than observer estimates.

Changing types of sets

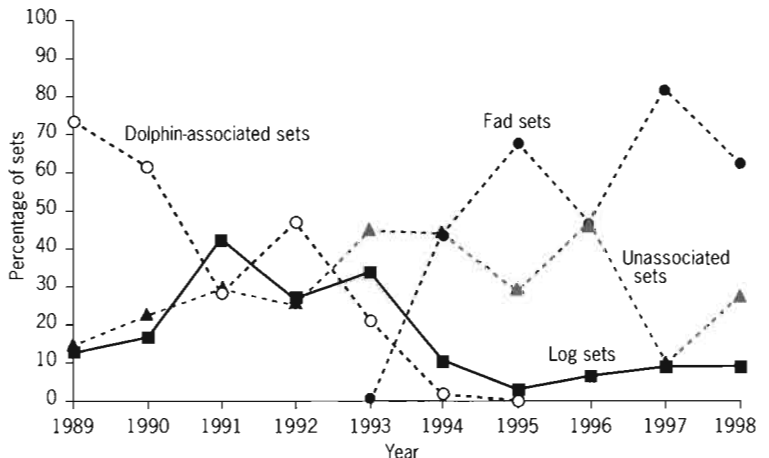
The number of sets by type was tabulated for each year and fishery. The results clearly show a shift to greater dependence on FADs by the fleet. In the western fishery, approximately 80% of the sets involved unassociated schools and 20% involved logs before 1995 (fig. 2). FAD technology in this fishery gained a foothold in 1994-1995 (Coan *et al.*, 1997) and spread rapidly. Since 1995, about 25% of the sets involved FADs, 50% involved unassociated schools and 25% involved logs. FAD sets, hence, increased while unassociated sets largely decreased in the western fishery.

Figure 2
Percentage of sets by type for the US tuna purse seine fishery in the Western Pacific Ocean. Three periods based on FAD usage are shown with shading:
• 1989-1994 pre-FAD period
• 1995 a transition period
• 1996-1998 FAD period



This same pattern holds for the eastern fishery, but is more pronounced and with greater variability (fig. 3). In 1989, about 75% of the sets involved dolphin-associated schools and about 12% each involved unassociated and log schools. With adoption of a dolphin-safe policy by processors in 1990, dolphin-associated sets declined rapidly to zero in 1996. Log and unassociated sets replaced the declining dolphin-

Figure 3
Percentage of sets by type for the US tuna purse seine fishery in the Eastern Pacific Ocean.

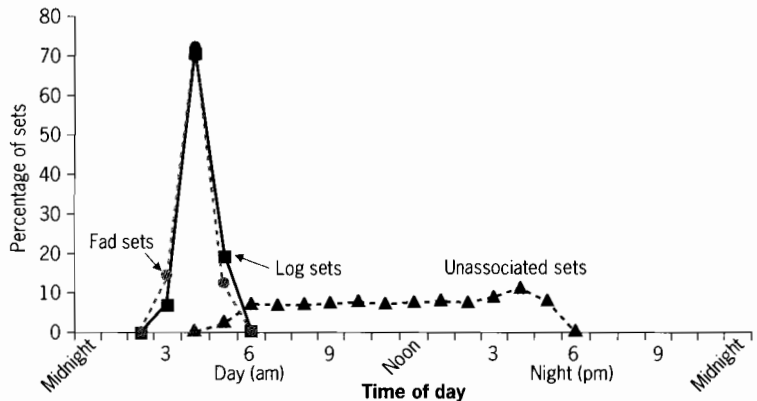


associated sets until 1994, when FAD technology took hold. FAD technology rapidly became the preferred method of fishing for the fleet, averaging 61% of all sets executed in 1994-1998. Unlike the western fishery, FAD sets in the eastern fishery replaced mainly log sets. The percentage of log sets declined from an average of 34% in 1991-1993 to 9% in 1994-1998.

Associated with this shift to FAD sets are changes in fishing operations and fishing areas. Data from the western fishery show that the frequency distribution of time of set (time when set commenced) is identical for log and FAD sets (fig. 4). Log and FAD sets are executed largely under cover of darkness in the early morning hours between 2 am and 6 am. Most of the sets are before daybreak, when light conditions are minimal for safe setting of the purse seine net and for minimizing escape of fish schools from the encircling net (Hampton & Bailey, 1999). This early morning activity requires a vessel to conduct searching operations and to locate suitable drifting objects the day before the set is made. Typically, a promising drifting object is located late in the day and the vessel drifts with the object over night in order to be in a position for setting on it the next morning. The drifting object is moored to the seiner and at dusk, special fishing lights are turned on to attract forage species and tuna. About 4 am, an auxiliary boat equipped with fishing lights is launched, ties to the object and takes over the light attracting task from the seiner. The lights on the seiner are gradually turned off, the seiner drifts away from the lightboat and drifting object and commences setting of the net before daybreak.

In contrast, unassociated sets are executed at all times during the day, from daybreak (around 4 am) to about 6 pm (fig. 4). Sets are spread evenly throughout the day, except for a peak at about 4 pm. This peak appears to be related to the practice of locating potential unassociated schools towards evening and remaining with the school in order to execute the last set for the day during hours of waning light at sunset. Schools are believed to be less skittish during that time of the day.

Figure 4
Time of set (beginning of set) by set type for sets made by US purse seiners fishing in the Western Pacific Ocean, 1996-1998.



In the eastern fishery, FAD technology resulted in a significant shift in the area fished. In 1989, 8% of the fishing effort was south of 5°N; whereas in 1997 92% of the effort was south of 5°N. Virtually all of this fishing effort in 1997 was devoted to FAD sets and concentrated primarily in the offshore area south of the equator and west of 100°W (IATTC, 1999).

The percentage of successful sets, or sets with catches greater than 0.5 t, shows a change since the introduction of FAD technology. In the western fishery, before the significant introduction of FAD technology in 1994-1995, the fleet averaged about 55% successful sets. After introduction of FAD technology, the percentage increased to more than 70 per cent.

Before and after introduction of FAD technology

Fishery data from the western fishery were tabulated for two different periods, 1989-1994 (pre-FAD) and 1996-1998 (FAD), for comparison. These periods straddle 1995, the transition year, and represent years before and after the introduction and significant use of FAD technology. Both periods contain years of warm ENSO conditions, e.g. 1991-1992 and 1997-1998, which influenced fishing operations.

Success rate and days fished

Comparison of the success rate for the periods indicates no difference between periods for each type of set (tab. 4). Log and FAD sets had a high success rate of more than 90% for each period. Unassociated sets, in contrast, had a low success rate of about 50% for each period.

The catch rate of successful sets indicates a significant difference (Mann-Whitney test) between periods for types of sets (tab. 4). The average catch rate for log sets during the FAD period (35.7 t/set) was significantly lower ($Z = 8.23$) by 16% compared to the pre-FAD period (42.8 t/set). For unassociated sets, the average rate was similarly significantly lower ($Z = 4.65$) in the FAD period (42.0 t/set versus 44.9 t/set) but by a smaller margin (1%). Overall the catch rate for the different types of sets and different periods averaged approximately 40 t/set.

Table 4 - Success and catch rates by set type for different periods of FAD innovation for US tuna purse seiners fishing in the Western Pacific.

	Log	Type of Set	
		FAD	Unassociated
Success Rate (%)			
Pre-FAD (1989-1994)	94.0	-	49.8
FAD (1996-1998)	94.2	95.7	53.1
Catch Rate (t/successful set)¹			
Pre-FAD (1989-1994)	42.8 (43.1)	-	44.9 (41.8)
FAD (1996-1998)	35.7 (36.1)	37.3 (38.3)	42.0 (38.8)

1. Standard deviation for catch rate is shown in parentheses.

The frequency profile of sizes of successful sets for the two periods is quite similar (fig. 5, 6). The frequency distribution is skewed towards many sets with small catches and a few with very large catches (over 100 t). For all set types and for both periods, about 70% of the sets had less than 50 t each and about 50% had less than 30 t each. Sets with very large catches made up about 8 to 10% of the total successful sets.

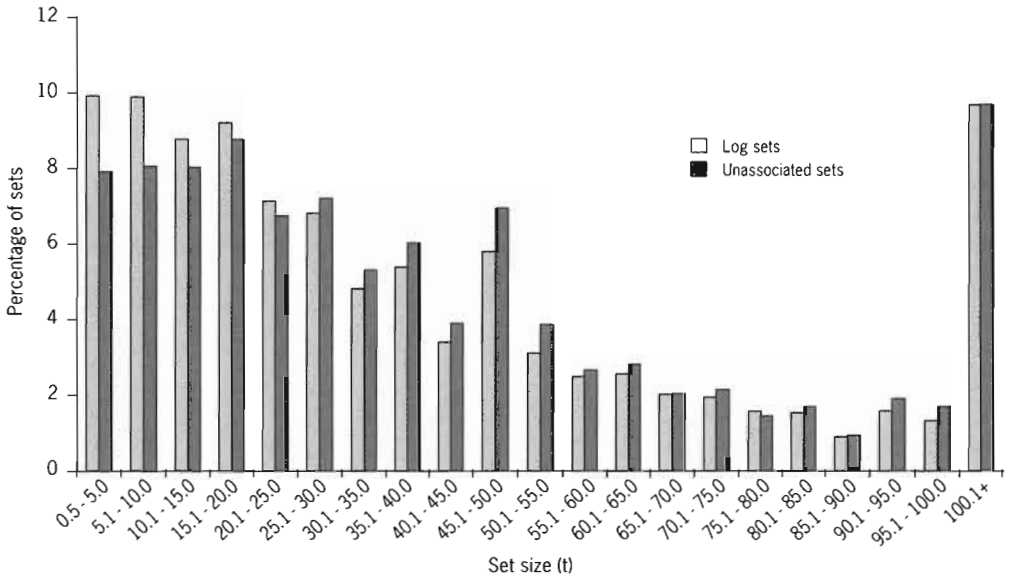


Figure 5 - Average frequency distribution of sets by set size (catch) for the US purse seine fishery in the Western Pacific Ocean, 1989-1994.

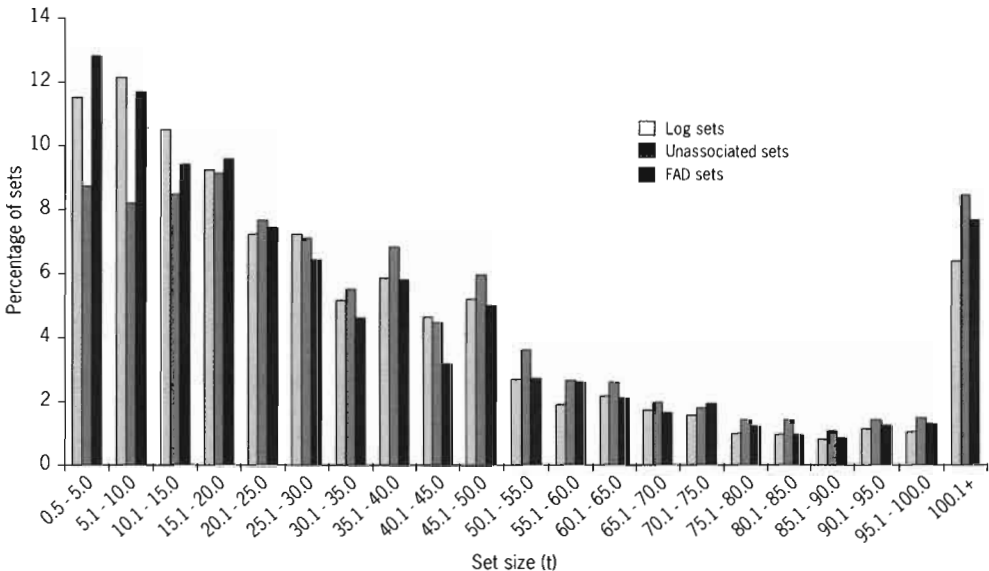
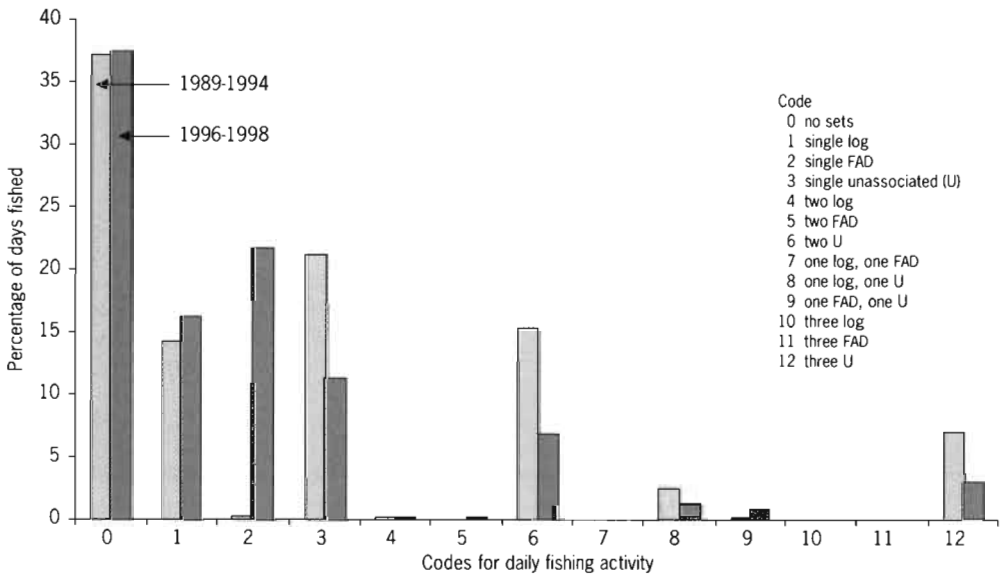


Figure 6 - Average frequency distribution of sets by set size (catch) for the US purse seiners fishery in the Western Pacific Ocean, 1996-1998.

Figure 7
Comparison of days fished by combination of set types in the pre-FAD period (1989-1994) and FAD period (1996-1998) for the US purse seine fishery in the Western Pacific Ocean.



The day-by-day fishing operations of the fleet were examined and there are similarities between the two periods (fig. 7). The results indicate that the percentage of days utilized for searching and that resulted in no sets was about the same for the two periods, about 37% of the total days fished for each period. The fleet rarely executed multiple FAD or log sets in a single fishing day, probably because the time, i.e. just before daybreak, for successful completion of such sets allow for only one to be executed per day. Single unassociated sets in a fishing day, on the other hand, were common (22% of days fished in the pre-FAD period and 10% of days fished in the FAD period). Combinations of unassociated sets and other set types, during a day were less common (2% of days fished in both pre-FAD and FAD periods).

There are also striking differences in fishing operations between periods. In the pre-FAD period, about 46% of the days fished involved unassociated schools whereas in the FAD period, only 23% of total days fished involved unassociated schools and 22% involved FADs. For both periods, log sets were involved in about 14% of the days fished.

Species composition

Species composition of the catch by set type shows that log and FAD sets are more alike than unassociated sets (tab. 5). That is, log and FAD sets have a high percentage of skipjack tuna, modest percentage of yellowfin tuna and a small percentage of bigeye tuna. In contrast, unassociated sets have a moderate to high percentage of skipjack tuna, a modest percentage of yellowfin tuna and only trace amounts of bigeye tuna. Species proportions in log sets are similar for the two periods (tab. 5). However, during the FAD period, the proportion of bigeye tuna (6%) was considerably higher than that in the pre-FAD period (1%).

Table 5 - Species composition (%) of catches by set type for different periods of FAD innovation for the US tuna purse seine fishery in the Western Pacific.

	Species			Total
	Skipjack	Yellowfin	Bigeye	
Log Set				
Pre-FAD (1989-1994)	72	27	1	100
FAD (1996-1998)	71	23	6	100
FAD Set				
Pre-FAD (1989-1994)	-	-	-	-
FAD (1996-1998)	79	12	9	100
Unassociated Set				
Pre-FAD (1989-1994)	73	27	<1	100
FAD (1996-1998)	67	33	<1	100

For unassociated sets, the proportion of yellowfin tuna was much higher in the FAD period (33%) than in the pre-FAD period (27%). As a result, the proportion of skipjack tuna was lower during the FAD period (67%) than during the pre-FAD period (73%). This high percentage of yellowfin tuna in the FAD period may be due to enhanced availability owing to the strong ENSO of 1997-1998.

Species composition was examined in a slightly different way with data for the 1996-1998 period only. Tuna species caught in each set were tabulated by set type (tab. 6). The results show that log and FAD sets are alike with respect to involving predominantly mixed-species schools containing yellowfin tuna and skipjack tuna (61-63%) and containing all three species, yellowfin, skipjack and bigeye tunas (6-8%). Schools of skipjack tuna only were also frequently involved in both log and FAD sets (16-20%). Schools of yellowfin tuna only were less frequently involved, but more than twice as often involved in log sets (16%) than in FAD sets (7%). Schools of mixed bigeye tuna and skipjack tuna were twice as often involved in FAD sets (2%) than in log sets (1%).

Table 6 - Frequency of sets by school type (species composition of school) for US tuna purse seiners fishing in the Western Pacific Ocean, 1996-1998.

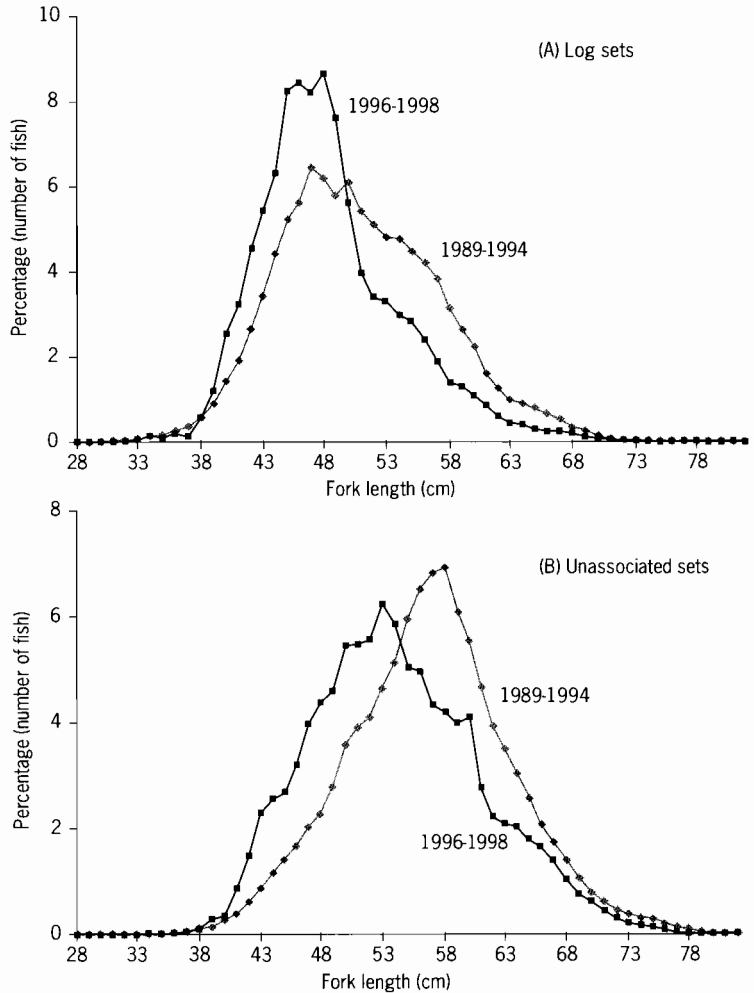
Species Composition	Log		FAD		Unassociated	
	Number of Sets	Percentage	Number of Sets	Percentage	Number of Sets	Percentage
Yellowfin only	564	15.8	327	7.1	1,124	25.7
Bigeye only	10	0.3	8	0.2	0	0.0
Skipjack only	583	16.3	893	19.5	2,498	57.2
Yellowfin + Bigeye	15	0.4	11	0.2	3	0.1
Yellowfin + Skipjack	2,160	60.6	2,878	62.9	731	16.7
Bigeye + Skipjack	36	1.0	90	2.0	2	0.0
Yellowfin + Bigeye + Skipjack	198	5.6	373	8.1	13	0.3
Total	3,566	100.0	4,580	100.0	4,371	100.0

In contrast, unassociated sets are quite different from the other set types. The predominate composition was schools of skipjack tuna only (57%) and of yellowfin tuna only (26%). Mixed-species schools accounted for only 17% of the sets.

Sizes of fish

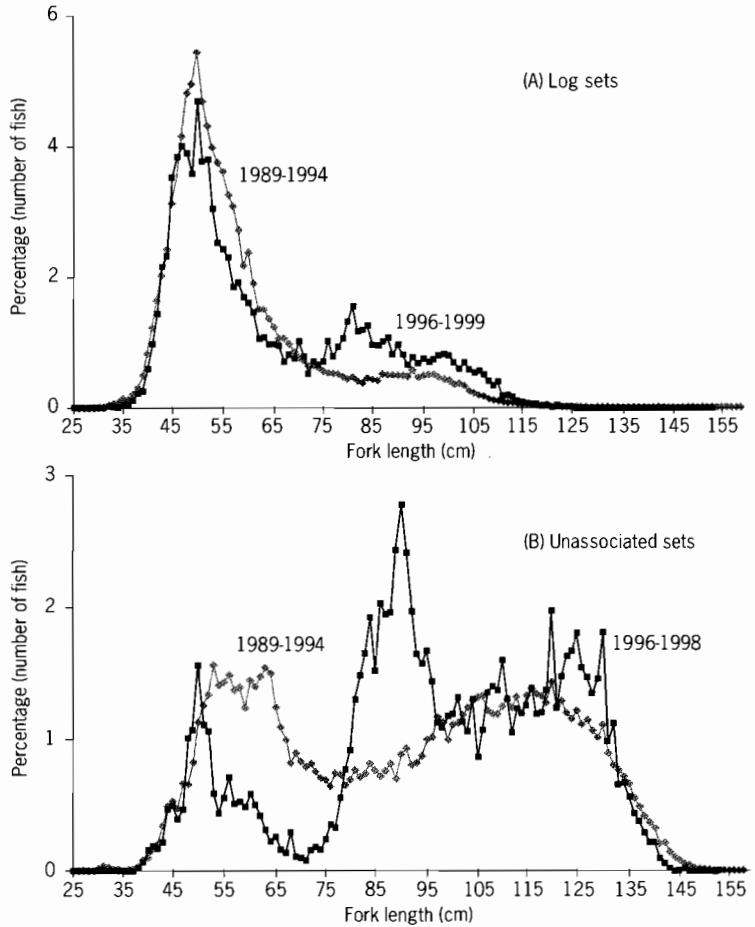
Size frequency distributions were computed for each species by set type for the two periods (fig. 8, 9, 10) and comparisons evaluated using the Kolmogorov-Smirnov test with $\alpha = 0.05$.

Figure 8
Comparison of sizes of skipjack tuna caught in the pre-FAD period (1989-1994) and the FAD period (1996-1998) in the Western Pacific Ocean for log sets (A) and unassociated sets (B).



Comparing sizes of fish caught within periods, the results show that skipjack tuna and yellowfin tuna are, on the average, larger in unassociated sets than in log sets. For example, in the FAD period, the average size of yellowfin tuna in unassociated sets was 97 cm FL and in log sets, 65 cm FL (fig. 9). Skipjack tuna in unassociated sets were 54 cm FL and in log sets, 48 cm FL (fig. 8). For bigeye tuna, there is generally no difference in sizes caught in the different types of sets and the sizes tend to be predominantly within the size range of skipjack tuna (fig. 10).

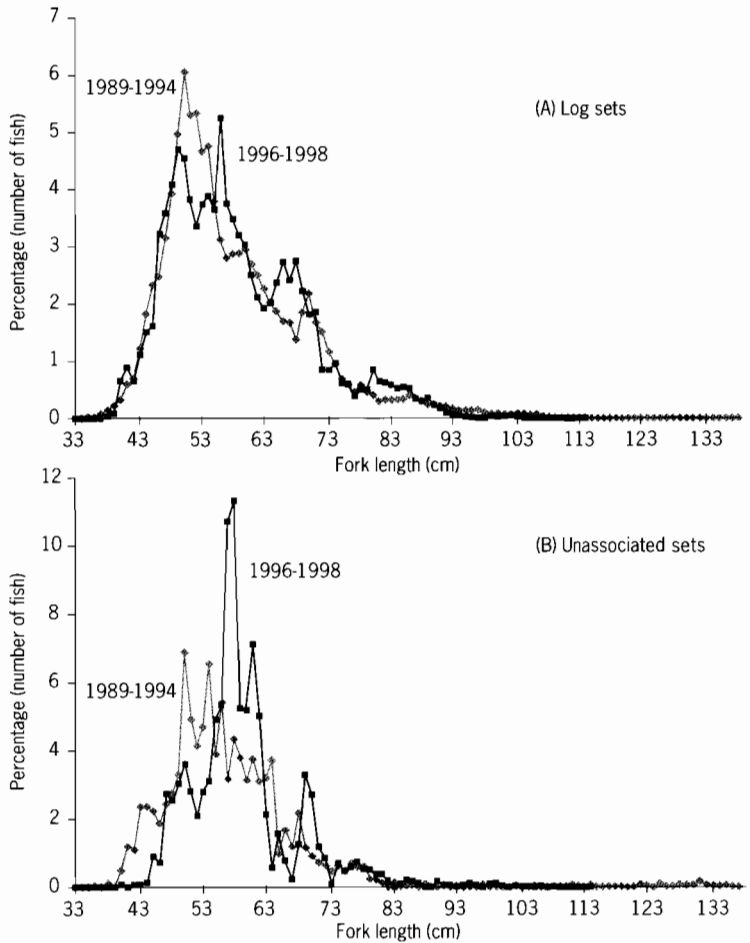
Figure 9
Comparison of sizes of yellowfin tuna caught in the pre-FAD period (1989-1994) and the FAD period (1996-1998) in the Western Pacific Ocean for log sets (A) and unassociated sets (B).



Comparing sizes of fish between periods, there is no significant difference in average sizes of bigeye tuna (fig. 10). For skipjack tuna, the size distributions are significantly different between periods for both log ($D = 0.1768$) and unassociated ($D = 0.2130$) sets (fig. 8). A higher frequency of small skipjack tuna was caught in the FAD period than in the pre-FAD period. This is consistent with comments made by fishermen that more schools consisting of small skipjack tuna have been recently observed in the Western Pacific.

For yellowfin tuna, a higher frequency of large fish (>75 cm FL) was caught in both log and unassociated sets in the FAD period than in the pre-FAD period (fig. 9). However, only for unassociated sets is the size distribution between periods significantly different ($D = 0.1978$). The average size of yellowfin tuna in log sets was 64 cm FL for the FAD period and 59 cm FL for the pre-FAD period. In unassociated sets, the average size was 97 cm FL for the FAD period and 91 cm FL for the pre-FAD period.

Figure 10
Comparison of sizes
of bigeye tuna caught
in the pre-FAD period
(1989-1994) and the FAD
period (1996-1998)
in the Western Pacific Ocean
for log sets (A)
and unassociated sets (B).



Insight and outlook

FAD technology has gained wide acceptance in the US purse seine fleet for tropical tunas because it increases fishing efficiency. FADs are easily deployed, tracked and located with radio-beacon devices. Locating unassociated schools is more difficult and requires long hours of searching and exceptional knowledge of the fishing areas.

The deployment of drifting FADs basically augments the supply of naturally occurring drifting objects that attract forage animals and tunas under them in the open ocean. FAD performance is thus similar to log performance, but quite different from the performance of unassociated sets. In the US tuna purse seine fishery in the Western Pacific Ocean, both FAD and log sets are executed before daybreak and have a very high success rate for catching tunas, more than 90 per cent. This is about double the success rate of unassociated sets (about 50%), which are executed at all hours of the day.

The species composition of a FAD or log set typically is mixed and with about 71-79% skipjack tuna, 12-27% yellowfin tuna and 1-9% bigeye tuna in the Western Pacific fishery. Frequently, this catch consists of mostly small sizes of tuna.

For unassociated sets, the catch composition tends to have greater amounts of yellowfin tuna and less bigeye tuna than in log and FAD sets. The sizes of fish in unassociated sets also tend to be larger than in log or FAD sets in the western fishery. This is particularly noticeable in the size distribution of yellowfin tuna. Typically, more than 60% of the catch are large fish (> 75 cm FL) in unassociated sets whereas, more than 60% are small fish (< 75 cm FL) in log and FAD sets (fig. 9). This size distribution for log and FAD sets is similar to the size distribution of yellowfin tuna caught in unassociated sets in the eastern fishery (IATTC, 1999). Also, the size distribution of yellowfin tuna in unassociated sets in the western fishery is similar to the size pattern for yellowfin tuna typically caught in dolphin-associated sets in the eastern fishery. Unique oceanographic conditions in some of the areas in the Western Pacific appear to increase the availability of large yellowfin tuna to the purse seine gear, whereas in the eastern fishery dolphins serve that purpose. Catches of bigeye tuna have recently increased significantly in all oceans (Fonteneau, 1998) and coincidentally with expansion of FAD fishing by purse seiners. For the US purse seine fishery in the Western Pacific, the bigeye tuna catch markedly increased from an average of 2,400 t/yr in the pre-FAD period to an average of 8,200 t/yr in the FAD period (tab. 1). This increase may be partially the result of increased availability of bigeye tuna to drifting objects during the FAD period than to solely the FAD technology. For instance, bigeye tuna in log sets increased from 1% in the pre-FAD period to 6% in the FAD period. It is clear, though, that FAD sets generally catch a higher proportion of bigeye tuna (9%) than log or unassociated sets.

Although FAD technology is widely used by the US fleet, its full potential has not yet been achieved. Currently in the western fishery, the fleet devotes 37% of the days fished for searching that result in no sets. An additional 21% of the days fished had sets on unassociated schools of which only 50% produced catches. Approximately 48% of the days fished, therefore, produce no catch. With increased deployment of FADs, the fleet could reduce this percentage of non-productive fishing days and increase overall production and efficiency. For example, if FADs were used in all days fished, the catch would have averaged 53% higher, or 240,000 t/yr, than 156,700 t/yr during the FAD period.

With increased deployment of FADs by the fishery, however, there would be increased risk of undesirable efforts with effects such as increased catches and discarding dead or undersized tunas and by-catch species. For the western fishery, Coan *et al.* (1999) reported discard rates for 1998. The discard rate for undersized tunas was 0.4 t/set for FAD sets, 0.3 t/set for log sets and 0.2 t/set for unassociated sets. The respective discard rate for by-catch was 0.4 t/set, 1.1 t/set and 0.1 t/set.

Because FAD sets also tend to produce smaller sizes of tunas, increased FAD sets would likely increase the landings of smaller sizes of tunas. Finally, with large number of FADs deployed in the Western Pacific, the migratory behaviour of tunas might be affected. FADs might retain tuna in areas where they would otherwise quickly pass through, and not be enticed by concentrated forage to remain. This could affect their biological parameters (growth, maturity, survival) and population dynamics. These potential effects on the population biology of tunas and on their ecosystem are currently largely unknown and require research attention.

Acknowledgment

Several colleagues are recognized for their contribution to this study: Atilio Coan, Douglas Prescott and Kenneth Wallace assisted in assembling the data and in analyses. David Au, Raymond Clarke and Gordon Yamasaki provided useful comments and suggestions on improving the manuscript and on alternative interpretation of results. Michelle DeLaFuente provided expert typing and assistance in manuscript preparation. Finally, to the anonymous referees, their comments and helpful suggestions contributed to an improved manuscript.

Bibliographic references

- Ben-Yami M., 1994. Purse seining manual. Fishing News Books, London, 406 p.
- Coan A.L., Sakagawa G.T., Prescott D., 1995. Bigeye tuna catch in the US tuna purse seine fishery of the Central-Western Pacific. Fifth meeting of the Western Pacific yellowfin tuna research group, August 1995, Noumea, New Caledonia, 5/6, 11 p.
- Coan A.L. Jr., Sakagawa G.T., Prescott D., Yamasaki G., 1997. The 1996 US purse seine fishery for tropical tunas in the Central-Western Pacific Ocean. *Mar. Fish. Rev.*, 59(3), 34-40.
- Coan A.L. Jr., Sakagawa G.T., Prescott D., Williams P., Yamasaki G., 1999. The 1998 US tropical tuna purse seine fishery in the Central-Western Pacific Ocean. Southwest Fisheries Science Center, La Jolla, CA, unpublished manuscript, 22 p.
- Felando A., 1987. US tuna fleet ventures in the Pacific Islands. *In: Tuna issues and perspectives in the Pacific Islands region*. Doulman D.J. (ed.), 93-104.
- Fonteneau A., 1998. A comparison of bigeye stocks and fisheries in the Atlantic, Indian, and Pacific Oceans. *In: Proceedings of the first world meeting on bigeye tuna*. Deriso R.B., Bayliff W.H. & Webb N.J. (eds). *Spec. Rep. I-ATTC*, 9, 190-211.
- Fonteneau A., Gaertner D., Nordstrom V., 1998. An overview of problems in the CPUE-abundance relationship for the tropical purse seine fisheries. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, XLIX(3), 259-276.

- Green R.E., Perrin W.F., Petrich B.P., 1971. The American tuna purse seine fishery. *In: Modern fishing gear of the world: 3*. Kristjonnsson H. (ed.). Fishing News Books Ltd., London, 3-15.
- Hampton J., Bailey K., 1999. Fishing for tunas associated with floating objects: review of the Western Pacific fishery. *In: Proceedings of the international workshop on the ecology and fisheries for tunas associated with floating objects*. Scott M.D., Bayliff W.H., Lennert-Cody C.E. & Schaefer K.M. (comp.). Spec. Rep. I-ATTC, 11, 222-284.
- IATTC, 1999. Annual report, 1997. Inter-American Tropical Tuna Commission, La Jolla, CA, USA, 310 p. (in English & Spanish).
- Joseph J., Greenough J.W., 1979. International management of tuna, porpoise, and billfish. University of Washington Press, Seattle, WA, 253 p.
- McNeely R.L., 1961. Purse seine revolution in tuna fishing. *Pac. Fish.*, 59(7), 27-58.
- Perrin W.F., 1969. Using porpoise to catch tuna. *World Fishing*, 18(6), 43-45.
- Philander G., 1989. El Niño and La Niña. *Amer. Sci.*, 77(5), 451-459.
- Sakagawa G.T., 1991. Are US regulations on dolphin-tuna fishing driving US seiners to foreign-flag registry? *N. Amer. J. Fish. Manage.*, 11(3), 241-252.

Contribution des DCP fixes et dérivants à l'accroissement de la puissance de pêche des thoniers

I - Superficies de prospection et détection de surface par optique et radar

Jean-Yves Le Gall

École nationale supérieure agronomique de Rennes, département halieutique,
65 rue de Saint-Brieuc, 35042 Rennes Cedex, France - legall@agrorennes.educagri.fr

Abstract

Tuna world fisheries yield 3 million tons per year; the increase rate of whole production is constant and sustained since 30 years. This original figure for marine fisheries is due to enlargement of tuna fleets and fishing grounds over all the world ocean, the continuous increase of tuna fishing power by in board equipment and remote sensing equipment for searching and scouting (on board, aircraft, satellite, telecommunication...). During the last 20 years, the log-associated tuna fishing has contributed to the local individual and tuna fleets efficiency and fishing power either for large industrial tuna seiners by radio-equipped buoys on natural (debris) or artificial man-made logs. The same trend is noted for numerous artisanal tuna and large pelagic coastal fisheries on moored fishing aggregating devices and networks. The first part of the paper is a review of data and results to assess and rank the "Surfaces prospected by in board tuna seiners and associated aircraft and satellite technics" (visual, radar, SAR-radar and satellite altimetry sensors). The final objective is the comparison with the surfaces and volumes associated to FADs. Since 20 years, tuna ecology and behaviour data from ultrasonic tagging (short-term depth/distance/time migration around logs and FADs) are used for fishing of tuna associated with floating objects, namely FADs.

Introduction

L'estimation des efforts de pêche déployés par les unités et les flottilles thonières nécessite une réévaluation permanente de la puissance de pêche individuelle des thoniers. Celle-ci s'accroît régulièrement par la modification des navires, des engins et des techniques de pêche, des outils et des méthodes de détection. Les DCP mis en œuvre individuellement (épaves dérivantes naturelles ou artificielles) ou collectivement (réseau de DCP ancrés) constituent un élément essentiel de l'évolution de la puissance de pêche. Cette innovation peut être reliée à la détection de

surface et à la stratégie de recherche avant la phase de capture proprement dite et constitue une aide à la capture. Nous tentons ici d'évaluer la surface totale de déploiement d'une ressource, les échelles de temps et d'espace dans la stratégie de la pêche thonière, la surface prospectée et exploitée par le sennetier seul ou en flottille par les techniques usuelles de prospection, repérage et détection en surface. L'objectif, dans un deuxième temps, est de placer les DCP dans l'ensemble des techniques ayant contribué à l'augmentation de la puissance de pêche en estimant la surface d'influence, le volume d'attraction-rétention d'un objet flottant de type DCP et en les comparant aux surfaces prospectées par les thoniers.

Éléments d'accroissement de la puissance de pêche des thoniers

L'analyse de l'évaluation des puissances de pêche individuelle des navires thoniers industriels, suivant les travaux fondateurs de Robson (1966) réexaminés par Laurec (1977) notamment, a été revue par Fonteneau & Malomar, 1986 ; Gascuel *et al.*, 1993 ; Gascuel, 1995 ; Delgado de Molina *et al.*, 1998 ; Gaertner & Sacchi, 1999, pour les flottilles thonières industrielles européennes exploitant les ressources thonières tropicales.

L'accroissement de l'efficacité des thoniers sennetiers dans l'Atlantique tropical est de l'ordre de 10 % par an selon Pallarés *et al.* (1998) et semble dû à une dizaine de facteurs (tab. 1) :

1. la conception du thonier, la vitesse en transit et en phase de recherche ;
2. la modification de la senne (dimensions, profondeur de calée) ;
3. l'évolution des appareils (anneaux, gréements, treuils, power-blocks) ;
4. l'utilisation de radars-oiseaux ;
5. l'utilisation de capteurs de thermocline et de courant ;
6. l'utilisation de sonar couleurs et du sondeur multifaisceau ;
7. l'exploitation d'imagerie satellitale en temps réel (température, altimétrie, vorticité) ;
8. l'utilisation des bouées instrumentées : radio-goniomètre, HF, Argos, GPS ;
9. la réduction du nombre de thoniers qui accentue la stratégie de groupe et la pêcherie en flottille ;
10. la pêche dirigée sous objets flottants naturels ou sous DCP.

L'accroissement de la puissance de pêche est partiellement dû au développement de la pêche sur débris, objets flottants naturels ou épaves artificielles (DCP) instrumentés ou non. Les DCP contribuent à une augmentation de la puissance globale par une amélioration de la capacité à trouver le poisson accessible dans la zone prospectée et un accroissement de la puissance locale par la capacité à capturer le poisson accessible en le rendant plus vulnérable (tab. 2).

Tableau 1 - Éléments d'accroissement de la puissance de pêche d'un thonier.

Équipage	Équipement/bord		Appareux de pêche	Détection/Approche
	Navire	Passerelle		
Compétence/stratégie	Navire	Passerelle		
• Expérience	• Conception	• Optique	• Conception senne	• DCP
• Connaissance de la zone	• Vitesse	• Radar, sonar	• Vitesse de chute	• Radar
• Surface prospectée	• Treuil de pont	• Imagerie/mer	• Manœuvre	• Bouées
• Pêche en flottille	• Power-block	• Mesure de courant	• Anneaux ouvrants	• HF gonio
	• Stockage	• Profondeur de thermocline	• Capteur géométrie	• GPS
				• Balises Argos

Tableau 2 - Échelles de temps et d'espace dans la stratégie de la pêche thonière à la senne.

Stratégie pêche thonière	Unité surface/temps
Zone de pêche	x 5.10 ⁶ km ² /mois
Prospection	x 10 ³ km ² /mois
Repérage	x 10 ² km ² /jour
Détection	x 10 ² km ² /heure
Effet DCP	
Attraction	x 10 ² km ² /10 jours
Concentration	x 10 km ² /jour
Fixation	x 1 km ² /jour
Rétention	x 0,1 km ² /heure

Superficies de prospection, de repérage et de détection en surface

La superficie de l'océan mondial est estimée à 314 millions de kilomètres carrés. Les surfaces des océans exploitées par les flottilles thonières industrielles (surface et palangre) ont été calculées par Fonteneau & Marcille, 1988 (tab. 3). Les surfaces prospectées par les thoniers dépendent de l'outil d'observation ou de détection (figure). On abordera en séquence les estimations :

- à bord d'un thonier senneur à l'aide de jumelles et de radars, y compris les radars-oiseaux ;
- à l'aide d'un hélicoptère embarqué sur le senneur ;
- à bord d'un avion par l'observation visuelle ;
- à bord d'un avion par le radar classique et le radar à ouverture synthétique (SAR) utilisé à titre expérimental ;
- à l'aide des données d'un radar altimétrique sur satellite de type ERS/Topex Poséidon.

Les sondeurs et sonars, qui ne relèvent pas de la prospection de surface proprement dite et servent essentiellement au moment du lancer de la senne, ne sont pas traités ici.

Tableau 3 - Superficies de l'océan mondial exploitées par les grandes pêcheries thonières industrielles (d'après Fonteneau & Marcille, 1988).

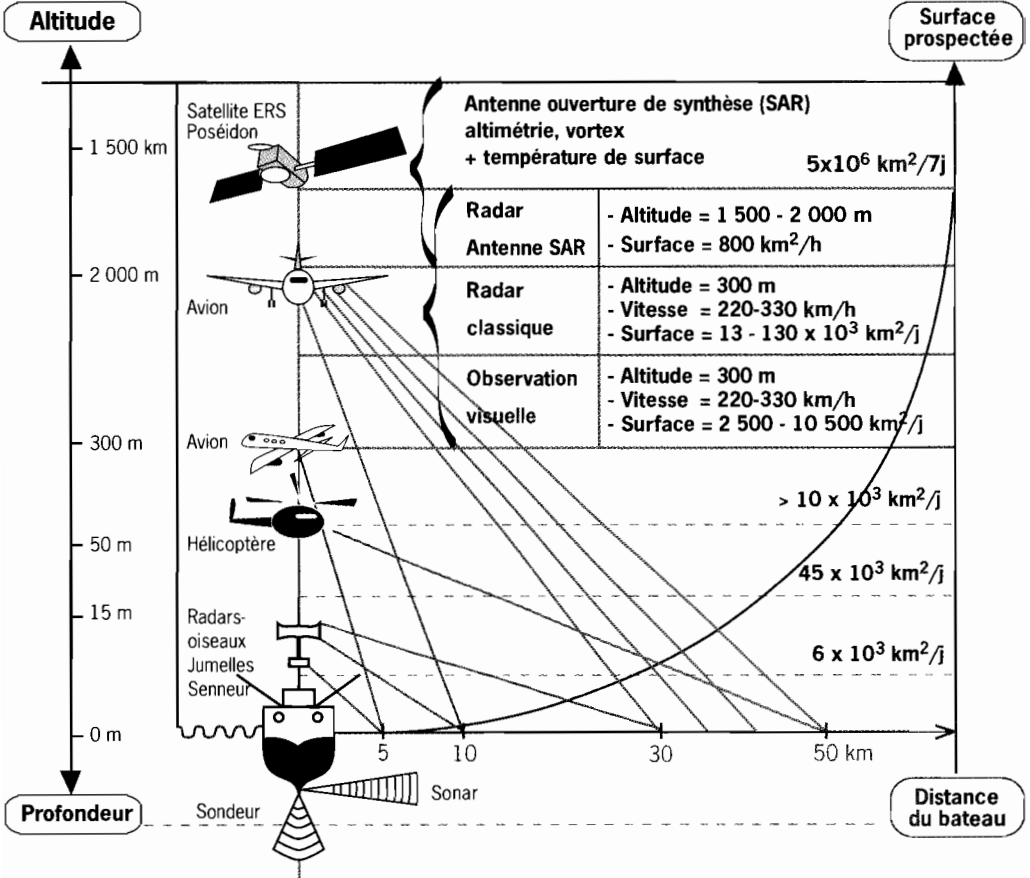
Pêcheries de surface (canneurs et senneurs) (1989-1993)			
Océan	Surface 10 ⁶ milles nautiques ²	Surface 10 ⁶ km ²	Captures annuelles (t) albacore et listao
Indien	3,2	11	290 000
Atlantique	5,7	19,5	320 000
Pacifique Est	6,6	22,6	330 000
Pacifique Ouest	11,3	38,7	1 000 000
Captures supérieures à 5 000 t/carré de 5° x 5° en moyenne			
Pêcheries de palangre (1989-1993)			
	10 ⁶ milles nautiques ²	10 ⁶ km ²	
Indien	15,8	54,2	151 000
Atlantique	19,3	66,2	132 000
Pacifique Est	10,6	36,3	
Pacifique Ouest	16,3	55,9	

Les estimations préliminaires de surface prospectée par les différentes techniques sont fondées sur le simple produit de la largeur de la bande prospectée par la vitesse du vecteur porteur (du navire au satellite). En fait, ces estimations par échantillonnage sur parcours linéaires doivent être revues et réduites pour tenir compte du fait que, plus les bancs sont éloignés du parcours (trace au sol), plus la probabilité de les apercevoir est faible (Seber, 1973). On peut estimer la fonction de probabilité la mieux ajustée à la distribution des observations en fonction de la distance perpendiculaire au transect. Cette fonction de détection décroissante a été appliquée au comptage des mammifères marins (Buckland *et al.*, 1993) et calculée par Marsac (1992a, b) pour la mesure des surfaces effectives balayées par les radars-oiseaux et les observateurs embarqués à bord de l'avion. Cette fonction de détection-comptage n'est pas disponible pour les radars altimétriques qui demeurent encore du domaine expérimental et prospectif pour l'aide opérationnelle à la pêche.

Détection visuelle optique et radar à bord d'un senneur

Bard *et al.* (1985) répartissent le temps d'une marée d'un thonier senneur dans l'Atlantique tropical à 88 % en temps de recherche-prospection et 12 % en temps de pêche ; ils évaluent la surface prospectée par un senneur à 720 milles²/jour, soit environ 2 500 kilomètres carrés. Pour cette estimation, la distance de détection moyenne (jumelles) est de l'ordre de 8 milles (12,5 km). Selon Stequert & Marsac (1986, 1992), la vitesse moyenne d'un thonier senneur en phase de recherche est de 12 nœuds (=0,2 mille/min = 22,2 km/h) pour la période 1980-1990. Actuellement, elle peut atteindre 20 nœuds.

Suzuki (1992) considère que la distance perpendiculaire de détection visuelle par les thoniers senneurs japonais des objets naturels dérivants non instrumentés susceptibles de concentrer les thons est de 36 à 49 m pour l'application de la méthode des transects linéaires de Seber (*op. cit.*) à l'estimation de la densité d'objets flottants dans le Pacifique Nord et Ouest.



Les superficies prospectées par les différentes techniques de prospection de surface et d'aide à la détection thonière : jumelles optiques, radars-oiseaux, hélicoptère, avion (visuel et radar embarqué classique + radar SAR), satellite (radar SAR et capteurs d'altimétrie).

Marsac (1992b) a évalué, dans l'océan Indien, l'impact de l'utilisation des radars-oiseaux capables de détecter à plus de 20 milles (37 km) des groupes d'oiseaux volant à 10 m au-dessus d'une matre de thons et estimé que 70 % des captures avant l'utilisation intensive des DCP instrumentés (1990) étaient réalisés sur des bancs survolés d'oiseaux. Marsac (*op. cit.*) a calculé les superficies prospectées par un thonier senneur selon les hypothèses suivantes : 12 h d'observation par jour, 2 observateurs permanents avec jumelles à 15 m au-dessus du pont, une vitesse de prospection de 12 nœuds (= 22,2 km/h), une distance de détection aux jumelles (de jour) de 6 milles (= 11 km), comparable à l'estimation de 5 milles par Greenblatt (1976). La surface instantanée de détection usuelle est de 36 milles carrés, de l'ordre de 130 kilomètres carrés. L'introduction et l'exploitation systématique de radars-oiseaux, depuis 1985, dans la flottille française s'est accompagnée d'une augmentation de puissance et de portée de ces radars (Marsac, 1992b) (tab. 4). À partir de ces superficies instantanées, des vitesses de prospection (12 nœuds), Marsac (*op. cit.*) a calculé les superficies prospectées en fonction du nombre d'heures

de recherche, soit un maximum de 6 000 km²/jour aux jumelles optiques et 45 500 km²/jour au radar-oiseaux (tab. 5). Sur la base de la surface balayée et prospectée, le rapport d'efficacité radar/jumelles moyen pour la marée est de 6 à 7. Mais, les gains d'efficacité de la détection radar peuvent être d'un facteur 10 dans certaines conditions de faible densité et de dispersion des bancs.

Les radars-oiseaux sont efficaces pour localiser une concentration. Ensuite, la détection des bancs se fait à l'aide de jumelles et les radars-oiseaux ne servent que pour écarter les indices peu fiables. Gaertner *et al.* (1999) ont montré, sur la flottille des thoniers du Vénézuéla, que le radar-oiseaux est utilisé pour détecter les concentrations et écarter les événements douteux, peu favorables à la présence des thons.

Tableau 4 - Puissances, distances de détection et surfaces prospectées par les radars-oiseaux à bord des thoniers senneurs français dans l'océan Indien (d'après Marsac, 1992b).

Année	Puissance	Portée		Surface instantanée balayée, prospectée	
	KW	mille	km	mille ²	km ²
1987	10				
1989	30	15	27,8		
1991	60	20-25	31-46	628	2150

Tableau 5 - Superficies prospectées par les thoniers senneurs à l'aide de jumelles et de radars-oiseaux (d'après Marsac, 1992b).

Temps de recherche heure/jour	Distance parcourue		Surface balayée	
	mille	km	jumelles km ²	radar km ²
2,5	30	55	1 313	9 762
4	50	92	2 191	16 271
6	70	130	3 067	22 779
maximum 12	140	267	6 000	45 500

Hélicoptère embarqué sur senneur (1982-1984)

Bard *et al.* (1985) estimaient que, dans l'océan Atlantique, l'hélicoptère embarqué accroissait de 15 % la surface prospectée par un senneur sur une base journalière. Durant cette courte période (1982-1984), dans l'océan Indien, selon Stéquert & Marsac (1992), l'hélicoptère embarqué (de type Alouette II) effectuait 2 à 3 vols d'une heure par jour; le rayon d'action (R) de l'hélicoptère était de l'ordre de 20 à 30 milles, soit respectivement de 37 et 55,5 km autour du thonier senneur porte-hélicoptère. On peut estimer que la surface prospectée théorique maximale était comprise entre l'hypothèse basse : 2 sorties d'un rayon d'action de 37 km, soit 8 600 km²/jour et l'hypothèse haute : 3 sorties d'un rayon d'action de 55,5 km, soit 29 000 km²/jour. Dans les derniers temps, il n'était utilisé que pour s'assurer que l'indice visuel détecté était bien associé à un banc. Les coûts d'exploitation des hélicoptères ont conduit à l'abandon de cette technique, dès 1985.

Détection par avion

Observation visuelle à bord d'un avion et estimation des biomasses pêchables. L'avion de prospection est équipé d'un radiomètre infrarouge pour la localisation des fronts thermiques. En plus d'un pilote expérimenté, il embarque un observateur spécialisé, doté de lunettes polarisantes. L'avion se déplace, en phase de recherche et prospection, à une vitesse de 120 à 180 nœuds (220-330 km/h) à une altitude de 150 à 300 mètres. En recherche sur radiales et transects linéaires, le pas d'échantillonnage est de 10 milles (18,5 km). La largeur de bande prospectée utile sous l'avion varie selon les conditions de vol entre 2 et 4 kilomètres. Poursuivant les prospections communes menées dans le Pacifique Sud-Ouest (Petit & Marsac, 1981), Marsac (1992a), pour l'ensemble des campagnes de prospection aérienne dans l'océan Indien (1981-1982), estime que 90 % des observations sont réalisées dans une bande unilatérale de 2 milles (= 3,7 km). La durée de vol utile est de 6 à 8 h/jour. Sous ces deux hypothèses de vitesse (haute : 330 km/h, 4 km, 8 h et basse : 220 km/h, 2 km, 6 h), les estimations de surface prospectée varient entre 2 640 et 10 560 km²/jour.

À titre d'illustration, autour de la Nouvelle-Calédonie et du Vanuatu (Pacifique Sud-Ouest), la surface prospectée de 1979 à 1984 par des observateurs expérimentés, en couplant et rapprochant les observations visuelles aéroportées et les rendements d'une flottille de senneurs, couvrait 762 500 km² (Petit & Wadsworth, 1991). La densité de biomasse exploitable de thons était évaluée à 0,12 t/km² pour des pêcheries de surface (senne), en zone favorable à la concentration d'albacores et de listaos. Sur la base d'opérations de pêche, Hilborn & Medley (1989) estimaient la biomasse vierge d'exploitation dans l'océan Pacifique Ouest à 0,25 t/km² pour l'ensemble albacore (YFT) et listao (SKJ). Cette évaluation n'a pas été immédiatement suivie d'opérations commerciales.

Le simple rapport des productions sur les surfaces à l'échelle de l'océan mondial conduit à une valeur moyenne de 0,02 t/km² pour les pêcheries de surface et de 0,002 t/km² pour les pêcheries palangrières (tab. 3).

Cette forme de prospection thonière aérienne est abandonnée par les thoniers senneurs industriels tropicaux français mais, néanmoins, conservée par les thoniers senneurs méditerranéens dans le golfe du Lion.

Utilisation potentielle du radar embarqué sur un avion

Deux programmes de recherche et d'expérimentation permettent d'esquisser les utilisations potentielles de cette technique.

- Détection par radar classique à antenne réelle physique (Petit & Wadsworth, 1991)

La largeur de la bande utile courante est de 10 à 15 km sous l'avion selon la visibilité (nébulosité) et l'état de la mer (retour de mer), pour les mêmes vitesses et temps de vols que précédemment. On peut donc évaluer la surface théorique prospectée entre deux valeurs : une valeur basse réaliste de 13 200 km² (220 km/h x 6 h x 10 km) et, très hypothétique, sauf complète automatisation, une valeur maximale de 132 000 km² (330 km/h x 8 h x 15 km), soit un rapport de 1 (pratique) à 10 (théorique).

- Détection par radar SAR, antenne à ouverture synthétique

Suivant les résultats originaux de l'expérience Harem (Petit *et al.*, 1990), la simulation en condition réelle de vol des performances et potentialités d'un radar SAR embarqué sur satellite (ERS1), la détection des bancs de thons en surface, l'identification des opérations de sennes et du sillage des bateaux et l'évaluation de la taille des bancs sont effectives, indépendamment par définition de la climatologie, dans les conditions suivantes :

- altitude du vecteur-avion : 1 500 à 2 000 m ;
- résolution géométrique de l'ordre d'un mètre ;
- largeur de la bande (fauchée) : 4 km ;
- distance de détection : 20 km et plus ;
- surface couverte : 800 km²/h.

La combinaison de ces paramètres permet une exploitation potentielle (après automatisation du process de traitement des données) de 9 600 km²/12 h soit 19 200 km²/24 h en continu automatisé. Pratiquement, il faut envisager une durée de vol orbital utile pour une flottille de senseurs à 3 à 6 h/jour au mieux, soit 2 400 à 4 800 km²/jour.

Altimétrie par satellite

En 1999, pour la flottille thonière industrielle européenne opérant dans l'océan Indien, la synthèse des données altimétriques ERS2/Topex Poséidon est faite sur une base de 7 jours sur l'ensemble de l'océan. La zone de synthèse couvrant l'expansion possible de la flottille thonière industrielle, soit la zone centrée sur les Chagos, de 1 000 milles de latitude et de 1 500 milles de longitude, représente une superficie de l'ordre de 5 millions de kilomètres carrés. L'information synthétique finale altimétrique (cartographie des champs de pente et des zones de vortacité) est actuellement élaborée et transmise à bord des thoniers senseurs français par le service d'assistance technique des armements et contribue à la stratégie, en termes de probabilité, de mettre en pêche rapidement ou de nécessité de changer de zone (tab. 2).

Conclusion et perspectives

Ces estimations de surface prospectées pour les pêcheries thonières industrielles océaniques sont préliminaires et elles devront être réexaminées pour tenir compte de l'évolution des techniques et du traitement des données collectées (tab. 6). Elles permettent néanmoins de disposer d'un classement des surfaces prospectées, par et pour un thonier senseur, soit de l'ordre de 2 500 à 6 000 km²/jour aux jumelles et de 45 500 km²/jour au radar-oiseaux jusque, potentiellement, 100 000 km²/jour par radar aéroporté. On tentera de placer ces superficies couvertes en perspective des surfaces et volumes d'attraction des DCP (voir la 2^e partie).

Tableau 6 - Résumé des estimations des superficies couvertes par les différents techniques de prospection thonière pour la détection, prospection et repérage des concentrations de thons en surface.

Engins/Techniques	Superficies	Source/Auteurs
Senneurs/jumelles	2 500 km ² /jour (= 12 h)	Bard <i>et al.</i> , 1985
Senneurs/jumelles	6 000 km ² /jour	Marsac, 1992a, b
Senneurs/radar-oiseaux	45 500 km ² /jour	Marsac, 1992a, b
Hélicoptère/senseur	2 500*15 % = 3 750 km ² /jour	Bard <i>et al.</i> , 1985
Hélicoptère/senseur	8 600-29 200 km ² /jour	(¹)d'après données de Stéquent & Marsac (1986, 1992)
Avion/détection visuelle	2 640-10 560 km ² /jour	(¹)d'après Petit & Marsac, 1981 et Stéquent & Marsac (1986, 1992)
Avion radar classique	13 200 km ² /jour 132 000 km ² /jour (maximum théorique)	(¹)d'après les données Petit <i>et al.</i> , 1991
Avion radar SAR	2 400-4 800 km ² /jour	(¹)d'après les données Petit <i>et al.</i> , 1990
Satellite altimétrique	5.10 ⁶ km ² /7 jours	Comm. pers. Bodilis, Armement CMB synthèse hebdomadaire des pentes et zone de vorticité pour la flottille

Citation ou (¹) calcul et estimations d'après les données des auteurs cités.

Références bibliographiques

- Bard F.-X., Stretta J.-M., Slepoukha M., 1985. Les épaves artificielles comme auxiliaires de la pêche thon re en océan Atlantique. Quel avenir? *Pêche Marit.*, 64(1291), 655-659.
- Buckland S.T., Anderson D.R., Burnham J.L., 1993. Distance sampling: estimating abundance of biological populations. Chapman & Hall (eds), New York and London, 446 p.
- Delgado de Molina A., Santana J.C., Ariz Telleria J., 1998. La pesca con « manchas » en las islas Canarias. A portaci n al conocimiento de este tipo de pesca. Symposium ICCAT sur les thonidés, Açores, juin 1996. *Recl. Doc. Sci. ICCAT*, 50(1), 637-638 (résumé).
- Fonteneau A., Marcille J., 1988. Ressources, pêche et biologie des thonidés tropicaux de l'Atlantique Centre-Est. *FAO Doc. Tech. Pêches*, 292, 391 p.
- Fonteneau A., Malomar J.M., 1986. Puissance de pêche des thoniers senneurs français, ivoiriens, sénégalais et espagnols. *Comptes rendus de la conférence ICCAT sur le programme de l'année internationale du listao*, 145-150.
- Gartner D., Sacchi J., 1999. Observations sur l'évolution de la dimension des sennes utilisées par la flottille française de senneurs tropicaux opérant dans l'océan Atlantique. *ICCAT/SCRS*, 99/81, 11 p., 8 fig.
- Gartner D., Paganino M., Marcano J., 1999. Influence of fisher's behaviour on the catchability of surface schools in the Venezuelan purse seiner fishery in the Caribbean Sea. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 56, 394-406.

- Gascuel D., 1995. Efforts et puissances de pêche : redéfinition des concepts et exemple d'application. *In*: Les recherches françaises en évaluation quantitative et modélisation des ressources et des systèmes halieutiques. Gascuel D., Durand J.-L. & Fonteneau A. (eds). Actes du premier forum halieumétrique de Rennes, 159-181.
- Gascuel D., Fonteneau A., Foucher E., 1993. Analyse de l'évaluation des puissances de pêche par l'analyse des cohortes : application aux senneurs exploitant l'albacore (*Thunnus albacares*) dans l'Atlantique Est. *Aquat. Living Resour.*, 6, 15-30.
- Greenblatt P.R., 1976. Factors affecting tuna purse seine fishing effort. *Recl. Doc. Sci. ICCAT/SCRS*, 76/75, 18-30.
- Hilborn R., Medley P., 1989. Tuna purse seine fishing with Fish Aggregating Devices (FADs) models of tuna FADs interactions. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 46, 28-32.
- Laurec A., 1977. Analyse et estimation des puissances de pêche. *J. Cons. Int. Explor. Mer*, 37, 173-185.
- Marsac F., 1992a. Étude des relations entre l'hydroclimat et la pêche des thonidés hauturière tropicale dans l'océan Indien occidental. Thèse de doctorat, université de Bretagne occidentale, Brest, 350 p.
- Marsac F., 1992b. Les radars à oiseaux : quelques effets en attendre sur l'amélioration des rendements des thoniers ? XII^e semaine des pêches des Açores, mars 1992, 9 p., 2 tab., 8 fig.
- Pallarés P., Fonteneau A., Nordstrom V., Delgado de Molina A., Santana J.C., Ariz Telleria J., 1998. Analisis de las capturas de atunes, asociadas a objectas flotantes, efectuadas por las flotas de cerco en el oceano Atlántico. Symposium ICCAT sur les thonidés, Açores, juin 1996. *Recl. Doc. Sci. ICCAT*, 50(2), 449-474.
- Petit M., Marsac F., 1981. Pêche et télédétection : présentation des opérations de radiométrie aérienne et prospection thonière dans le Pacifique tropical Sud. *Pêche Marit.*, 1245, 735-739.
- Petit M., Wadsworth A., 1991. La composante télédétection dans le développement de l'océanographie opérationnelle des pêches. *Bull. Inst. Océanogr., Monaco*, n° spécial, 6 : Halieutique, océanographie et télédétection, 27-57.
- Petit M., Stretta J.-M., Farrugio H., Wadsworth A., 1990. Harem, Halieutique et radar, expérimentation en Méditerranée. Potentialités du radar SAR en halieutique. Application à la pêche thonière de surface et à la pêche artisanale. *Étud. Thèses Inst. Fr. Rech. Sci. Dév. Coop.*, 118 p.
- Robson D.S., 1966. Estimation of the relative fishing power of individual ships. *ICNAF Res. Bull.*, 3, 5-15.
- Seber G.A.F., 1973. The estimation of animal abundance. Hafner publ., New York, 506 p.

- Stéquert B., Marsac F., 1986. La pêche de surface des thonidés tropicaux dans l'océan Indien. FAO Doc. Tech. Pêches, 282, 213 p.
- Stéquert B., Marsac F., 1992. Pêche thonière à la senne (2^e édition). Évolution de la technique et bilan de dix années d'exploitation dans l'océan Indien. Éd. Orstom, Sér. Didact., 39 p.
- Suzuki Z., 1992. General description on tuna biology related to fishing activities on floating objects by Japanese purse seine boats in the Western and Central Pacific. *In*: Proceedings of the international workshop on the ecology and fisheries for tunas associated with floating objects. Scott M.D., Bayliff W.H., Lennert-Cody C.E. & Schaefer K.M. (comp.). Spec. Rep. I-ATTC, 11, 9 p., 9 fig., 6 tab. Backgr. Pap.

Contribution des DCP fixes et dérivants à l'accroissement de la puissance de pêche des thoniers

II - Estimation des volumes d'attraction et rétention des DCP

Jean-Yves Le Gall

École nationale supérieure agronomique de Rennes, département halieutique,
65 rue de Saint-Brieuc, 35042 Rennes Cedex, France - legall@agrorennes.educagri.fr

Abstract

The second part of this paper is an "Assessment of FAD's aggregating associated surface and volume" linked with oceanographic data: large oceanic geostrophic current and observed drift speed of radio-equipped FADs in the Indian Ocean.

Using the available data on FADs, tuna fishing technology linked with oceanographic and biological data results from ultrasonic tuna tracking experiments, the paper is an attempt to identify and place the FADs technology in the scale of tuna fishing devices as a contribution to the increase of tuna fishing power either individual tuna boat or tuna fleets.

Introduction

L'utilisation des dispositifs de concentration de poissons (DCP) fixes ou dérivants dans les pêcheries thonières artisanales côtières et industrielles océaniques a considérablement augmenté la puissance de pêche individuelle des thoniers, depuis 1985 environ, pour les flottes européennes. Les DCP peuvent être mis en œuvre individuellement (épaves dérivantes naturelles ou artificielles) ou collectivement (réseau de DCP ancrés) et constituent un élément essentiel de l'évolution de la puissance de pêche. Les DCP contribuent à une augmentation de la puissance globale du senneur ou de la flottille par une amélioration de la capacité à trouver le poisson accessible dans la zone prospectée. Les DCP augmentent la puissance de pêche locale du thonier par la concentration du poisson et l'augmentation de sa vulnérabilité aux techniques spécifiques. L'estimation du volume d'influence ou d'attraction d'un DCP sur les thons nécessite de bien connaître, par la télémétrie acoustique, les mouvements des thons autour d'un objet attractant et les vitesses de dérive de cet objet dans la masse d'eau ambiante ou de dérive de la masse d'eau ambiante autour du DCP fixe. À partir du rapprochement de ces données biologiques et environnementales, il est possible d'analyser et d'interpréter les situations en termes de distance entre objets attractants fixes ou dérivants, de recrutement, de concentration et accumulation de biomasse et de succès des pêches successives.

Migrations et mouvements des thons : amplitude, fixation, rétention, fidélité, attachement

Amplitude et échelles de distance des migrations, déplacements et mouvements

Le bilan sur la dynamique des mouvements de thons permet de distinguer les migrations de longue distance à l'échelle transocéanique, telle celle record de l'albacore (*Thunnus albacares*) de 2 765 milles en 138 jours de liberté, des mouvements de courte distance dans un temps bref, particulièrement autour des objets flottants naturels ou artificiels, ancrés ou dérivants (Hunter *et al.*, 1986; Bayliff, 1993a, b). Ces mouvements ont été essentiellement étudiés par le marquage ultrasonique suivant l'expérience fondatrice de Yuen (1970) sur le listao, suivi de marquages ultrasoniques de Laurs *et al.* (1977) sur le germon en Californie, Carey & Lawson (1973) sur le thon rouge, Levenez (1982) sur l'albacore au-dessus d'un mont sous-marin en Afrique de l'Ouest (Sénégal), Carey & Olson (1982) sur 5 thons albacores, Yonemari (1982) sur 2 albacores, Holland *et al.* (1990) et Cayré & Chabanne (1986) sur l'albacore et le listao en Polynésie, Holland *et al.* (1990) sur l'albacore à Hawaï, Cayré (1991) aux Comores en relation avec le réseau de DCP. Bard *et al.* (1998) ont établi un inventaire des expériences de marquage acoustique ultrasonique ayant fait l'objet de publication de résultats entre 1970 et 1997. Brill *et al.* (1996), Klimley & Holloway (1999) ont élargi l'expérience en temps et en espace par le marquage de 38 albacores à l'aide de marques ultrasonores dans un réseau de DCP ancrés équipés de récepteurs-détecteurs à Hawaï. Le marquage ultrasonore acoustique permet de décrire, comprendre et modéliser le comportement des thons autour d'un DCP, ou dans un réseau de DCP, en prenant en compte les paramètres de l'environnement (gradients de température et d'oxygène). Dans cette voie, Josse *et al.* (1998) ont particulièrement analysé les mouvements verticaux d'albacores marqués, en relation avec la migration des proies en Polynésie (Pacifique). Cette modélisation du comportement de déplacement de l'albacore et du listao autour d'un DCP sous contraintes environnementales a été réalisée par Cayré & Marsac (1993) et modélisée par Marsac & Cayré (1998).

Distance, surface et volume de la sphère d'attraction et de rétention des objets flottants et DCP

Durant les premiers jours après le marquage, le comportement de quelques individus ne représente pas de façon certaine celui de l'ensemble du banc d'origine et l'extrapolation au banc peut être hasardeuse. Cette extrapolation autour des DCP (fixes et dérivants) doit être décrite en prenant en compte les trois caractéristiques de l'association thon-DCP : distance d'attraction d'un DCP, surface et volume de prospection d'un thon au voisinage d'un DCP et durée de la période d'attachement en fidélité à l'objet flottant identifié.

Distribution et répartition en surface et en profondeur

• Répartition en surface (tab. 1)

Selon les résultats de Hampton & Bailey (1999), fondés sur un marquage de 3 albacores (YFT) autour d'un DCP ancré, la projection en surface du volume d'attachement s'inscrit dans une ellipse de 24 milles (43 km) de grand axe et de 12 milles (23 km) de petit axe dans une veine de courant ambiant d'une vitesse de 0,7 à 1,6 nœud (1,4 km/h; 0,38 m.s⁻¹). Dans un réseau de DCP ancrés à Hawaï, Holland *et al.* (1990) ont démontré que l'orientation et la navigation d'albacores et de patudos autour d'un DCP sur un rayon moyen de 5,25 milles (9 à 10 km) se fondent sur la couche de gradient à une profondeur de 50 à 90 m durant le jour et de 190 à 250 m la nuit, en se calant sur l'isobathe des accores à 90 m à la côte.

Marsac & Cayré (1998) ont résumé, actualisé et modélisé les résultats de trente années de marquage acoustique sur l'albacore et le listao et défini les caractéristiques du volume d'attraction-rétention d'un DCP, en prenant en compte les caractéristiques de l'environnement : gradients de température et d'oxygène dissous. La distance moyenne d'écartement par rapport au DCP durant la journée est de 0,9 à 1,8 kilomètre. Elle est sensiblement supérieure durant la nuit, centrée sur 1,8 à 2,7 kilomètres. Le thon quitte le DCP de rattachement à la tombée de la nuit et effectue des déplacements pouvant atteindre 9 km pour se nourrir. Les distances d'écartement sont confinées à moins de 9,3 km avec des excursions à 13 km (Comores) et 11 km (Polynésie); en termes de fidélité et temps de résidence, 77 % du temps de résidence se situent dans un cercle de 1,8 à 2 km de rayon. Les thons albacore et patudo demeurent fortement liés et associés à un DCP à l'intérieur d'un cercle de 2 km de rayon durant le jour avec des excursions nocturnes dans un cercle ou une ellipse de 10 à 11 km de rayon, soit une aire de projection en surface de l'ordre de 300 kilomètres carrés. La distance maximale de rupture avec le DCP de rattachement ou de référence est de l'ordre de 9 km et la distance optimale entre deux DCP dans un réseau ne doit pas être inférieure à 18 km, pour éviter les concurrences et émigrations.

Tableau 1 - Estimations du rayon moyen d'attraction d'un DCP sur les thons albacore, patudo et listao.

Auteur(s)	mille	km
Cayré & Chabanne (1986)	6	11,1
Hilborn & Medley (1989)	4,3	7,9
Holland <i>et al.</i> (1990)	5	9,2
Cayré (1991)	7	3,7
Hampton & Bailey (1999)	1,6-2,7	3-5
Marsac & Cayré (1998)	5	9,2
Hilborn & Medley (1989)	5-6	10
Hampton & Bailey (1999)*	16-22	29-40

* Marquage-recapture classique non ultrasonore sur épave (DCP dérivant).

Autour des DCP dérivants, la distance moyenne d'écartement est mal connue mais semble supérieure d'un facteur 4 à 5 selon l'intensité du courant, et aller jusqu'à 40 km dans l'axe du courant portant, selon les estimations de Hampton & Bailey (1999) faites à partir de marquages-recaptures classiques (non ultrasoniques) sur grosses épaves dérivantes. Suivant ces données, on peut construire pour les DCP dérivants une surface d'attraction en forme d'ellipse de 60 km de grand axe et de 20 km de petit axe, soit une superficie de 940 kilomètres carrés.

• Répartition en profondeur

L'interprétation des résultats de marquage ultrasonique et de télémétrie acoustique récents de Holland *et al.* (1990), Cayré & Marsac (1993), Josse *et al.* (1998) utilise les caractéristiques de l'environnement physicochimique (température, oxygène dissous) et biologique (quantité de nourriture et proies disponibles) pour décrire la répartition en profondeur des thons marqués. Marsac & Cayré (1998) ont affiné cette description en modélisant la distribution en profondeur et représenté la répartition d'une biomasse dans le volume de rétention d'un DCP par une projection sur un plan vertical. Il apparaît nettement que la distribution et le comportement de nage des thons intertropicaux (albacore, listao, patudo) sont fortement limités, en profondeur, par la répartition des gradients de température et de concentration en oxygène dissous, matérialisée par la profondeur et l'épaisseur de la thermocline. Des incursions assez longues, néanmoins, sous la thermocline sont décrites par Josse *et al.* (1998) en Polynésie (Pacifique) pour un patudo (BET) qui suit jusqu'à moins 350 m la migration en profondeur de la couche diffusante profonde (DSL) au lever du jour.

La modélisation environnementale de Marsac & Cayré (1998) sur l'océan Indien central montre que 95 % du temps de résidence est passé dans la couche superficielle épipelagique de mélange suprathermoclinale au-dessus de 120-150 m dans l'océan intertropical, avec un maximum entre 50 et 100 m, selon les zones et les saisons. On retiendra, de façon schématique, comme plancher du volume d'attraction-rétention pour les trois espèces citées (albacore, patudo, listao), deux valeurs soit -100 m et -150 m (fig. 1).

Fidélité, durée de l'attachement, temps de résidence, vitesse de déplacement
Sur de courtes périodes, de l'ordre de quelques jours, la télémétrie acoustique évalue à 77 % du temps la durée de résidence dans un cercle de rayon de 1,8 à 2 km autour des DCP ancrés en océan Indien selon Marsac & Cayré (1998). Les contributions récentes de Brill *et al.* (1996), Klimley & Holloway (1996, 1999) ont permis le repérage et le suivi acoustique durant 7 mois (à la date de la communication) de 27 individus des 38 albacores (YFT) portant des marques ultrasoniques dans un réseau de DCP ancrés, équipés de récepteurs-détecteurs. Ces auteurs démontrent la fidélité des thons au DCP sous lequel ils ont été marqués

avec des périodes d'absence de 1 à 18 jours et un nombre de retours détectés variant de 1 à 10 selon les individus et des visites à d'autres DCP à l'intérieur d'un cercle de 6 milles de rayon. On note un retour simultané (une minute de décalage) de deux thons marqués revenant ensemble au DCP d'origine après plusieurs mois (5 à 6) d'absence. Durant les absences, les visites aux autres DCP sont rares. La conclusion essentielle est la présence continue des albacores dans le réseau de DCP ancrés durant 6 à 7 mois minimum. Ces résultats démontrent une très forte sédentarité dans la zone, une fidélité à un repère et la permanence de l'association entre individus en bancs de faible effectif.

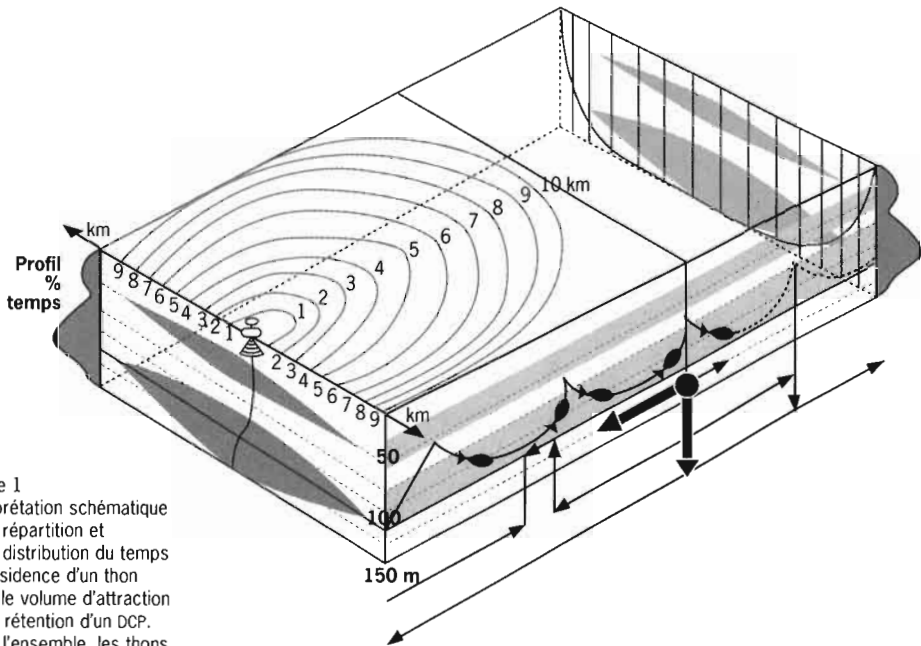


Figure 1
Interprétation schématique de la répartition et de la distribution du temps de résidence d'un thon dans le volume d'attraction et de rétention d'un DCP. Dans l'ensemble, les thons marqués, confinés dans le compartiment suprathermoclineal de 100 à 150 m d'épaisseur, peuvent effectuer des plongées courtes au-dessous de la thermocline (ex : un thon obèse marqué par Josse *et al.*, 1998) et, éventuellement, quitter le volume d'attraction pour un autre objet (d'après les données de Holland *et al.*, 1990; Marsac & Cayré, 1998).

Pour des durées de suivi plus longues, les marquages classiques ont permis d'estimer, dans quelques rares expériences, les temps de résidence d'un thon marqué autour d'un objet flottant ou d'un DCP ancré, soit 11 à 14 jours pour l'albacore (YFT), 9 jours pour le listao (SKJ) (Hunter & Michell, 1968) par marquage-recapture classique et, de 10 jusqu'à 90 jours sous un même DCP dans l'océan Indien (Takahashi *et al.*, 1988). Ceci est à rapprocher d'un cas particulier de longue fidélité à un objet : le thonier canneur par rétention active décrit en Afrique de l'Ouest du Sénégal (Hallier & Delgado de Molina, 2000) aux Canaries (Pallarés *et al.*, 1998); dans ce cas, la rétention du banc exploité et renouvelé par une exploitation et un recrutement continu peut être maintenue durant des mois au profit de deux canneurs en alternance.

La télémétrie acoustique permet de disposer de mesures instantanées, ou d'estimation moyenne sur une distance courte, des vitesses de déplacement des thons marqués (généralement d'une taille inférieure à 1 m), dans un réseau ou à proximité d'un DCP ancré (tab. 2).

Tableau 2 - Estimation directe par télémétrie acoustique des vitesses de déplacement de thon albacore (YFT), thon obèse (BET) et listao (SKJ) au voisinage de DCP ancrés.

Auteur(s)	Espèce	Moyenne		Échelle de variations	
		km.h ⁻¹	m.s ⁻¹	km.h ⁻¹	m.s ⁻¹
Carey & Olson, 1982	YFT	4,27		2,4-7,8	0,67-2,17
Cayré & Chabanne, 1986	YFT				0,14-0,20 0,60-0,80
	SKJ		1,06		0,71-1,02
Holland <i>et al.</i> , 1990	YFT	4,46	1,24	3,2-6,5	0,89-1,81
	BET		1,15		
Cayré, 1991	SKJ				
	YFT			2,22-4,44	2,96-7,4
Cayré & Marsac, 1993	YFT	7,5			0,87-1,24
Klimley & Holloway, 1996, 1999	YFT				
	SKJ				
Brill <i>et al.</i> , 1996	YFT				
	SKJ				
Marsac & Cayré, 1998	YFT		1,20		0,9-1,4

Les données sur DCP dérivants sont rares et proviennent de marquages-recaptures classiques à proximité d'une grosse épave dérivante. Dans ce domaine, Takahashi *et al.* (*op. cit.*, 1988) ont calculé, pour des jeunes albacores et listaos de 50 cm dans l'océan Indien, des distances parcourues entre capture et recapture sous un même DCP de 30 à 144 milles en 2 à 10 jours, soit des vitesses apparentes de déplacement de 0,3 à 0,4 m.s⁻¹, vitesses proches de celles des courants porteurs équatoriaux, comme celles citées par Léontiev (1992) pour la même zone.

En moyenne, les vitesses de déplacement de l'albacore autour ou entre DCP ancrés sont de l'ordre de 4 à 7,5 km/h, soit 1 à 1,25 m.s⁻¹ (deux fois la longueur du corps) pouvant aller jusqu'à 2,57 m.s⁻¹ en phase de recherche de proies, soit 4,6 fois la longueur du corps. Les vitesses estimées ne sont pas toujours en accord, voire quelquefois inférieures au minimum théorique de vitesse d'équilibre hydrostatique et physiologique calculé par la formule de Magnuson & Weininger (1978).

La probabilité de rencontre d'un DCP par un thon listao a été abordée, estimée simplement par Hilborn & Medley (1989) sur la base d'une vitesse de nage de 5 km/h, durant 12 h/jour, pendant 30 j/mois, et de la capacité d'un thon (SKJ) à détecter un DCP à 25 m, en réduisant l'orientation vers le DCP à la simple détection visuelle. Ces hypothèses simples conduisent à une surface prospectée par le listao de 90 km²/mois.

Vitesse de dérive des DCP dans la masse d'eau ambiante

Dans l'ensemble des pêcheries thonières industrielles de surface, en zone intertropicale, les pêches à la senne sur objets flottants naturels ou artificiels sont très actives dans les zones de courants saisonniers dus aux phénomènes climatiques tels que les moussons. Dans le Pacifique, Hampton & Bailey (1999) ont montré la superposition géographique entre les pêcheries thonières de surface sur objets flottants et la bande latitudinale de balancement de la zone intertropicale de convergence (ITCZ) (Hall & Lennert-Cody, 1992 ; Caddy & Majkowski, 1996). Dans ces grandes cellules de rétention, les objets flottants peuvent être piégés durant des mois, voire des années, et constituer un piège écologique (Marsac *et al.*, 2000).

La vitesse de déplacement de ces masses d'eau océanique est estimée par le suivi des bouées océanographiques dérivantes et celui des radiobalises fixées sur les objets dérivants naturels ou artificiels. La vitesse de dérive des DCP dans ces masses d'eau ou courant océanique varie selon la structure de l'objet flottant. À titre d'exemple, dans le courant actif CCE en océan Indien (4° S et 64° E du 3 au 4 mars 1988), Leontiev (1992) a mesuré une vitesse de dérive d'un DCP mesurant 4x3x4 m : 0,45 à 2 nœuds, soit 0,25 à 1 mètre par seconde.

Pour notre étude, les trajectoires de cinq radeaux DCP d'une flottille de thoniers senneurs français dans l'océan Indien ont été analysées pour la période allant de décembre 1998 à avril 1999 dans quatre zones de pêche active :

- sud-ouest Seychelles-Nord de Madagascar, dérive est-ouest ;
- courant et upwelling de Somalie, courant sud-nord ;
- courant Sud Équateur (CSE) est-ouest ;
- contre-courant sud équatorial (CCSE) ouest-est.

La segmentation des trajectoires (tab. 3, fig. 2) permet de calculer des vitesses de dérive des DCP qui semblent proches des vitesses des courants géostrophiques porteurs. Les vitesses de dérive des DCP (radeau avec bouées Argos) calculées varient de 0,2 m/s dans la dérive est-ouest au nord de Madagascar (bouée n° 1, secteur 1), à 0,5 m/s en moyenne pour le CCSE (bouées n° 2, 3, 4, 5-secteur 2) et un maximum calculé de 0,91 m/s dans le courant côtier sud-nord le long de la côte de Somalie.

Les valeurs moyennes de vitesse de la dérive sont calculées sur des trajets homogènes de 15 à 40 jours ; les distances parcourues en moyenne varient de 20 à 80 km par jour. La distance maximale de suivi Argos pour cet échantillon de cinq bouées est de 3 500 km en 60 jours (bouées DCP n° 2, tab. 3). On ne peut actuellement donner avec précision la différence entre vitesse de dérive du DCP et vitesse du courant porteur. On opéra arbitrairement pour deux valeurs extrêmes de 0,5 et 0,9 du rapport entre la vitesse du courant et la dérive du DCP. Ceci peut être exprimé en termes de différence entre la vitesse de dérive du DCP et la vitesse du courant ambiant qui porte le DCP, soit la moitié dans le

premier cas et 10 % dans le second cas. Cela permet d'estimer le volume « instantané », approché par le volume par seconde, de la masse d'eau dérivante (courant ambiant) sous influence attractive du DCP, ou volume attracté « filtré ». Si ce DCP est fixe, toute la masse d'eau dérivante dans la demi-sphère d'influence du DCP est considérée comme « filtrée ». Si le DCP dérive dans la masse d'eau et si le rapport entre les deux vitesses (courant et DCP) est égal à 0,5, 50 % du volume sont « filtrés ». Si le rapport est de 0,9 (valeur observée), le volume filtré est égal à 10 % de la masse d'eau dérivante (tab. 4).

Tableau 3 - Vitesse de dérive de 5 radeaux DCP équipés de bouées Argos dans l'océan Indien (décembre 1998 - avril 1999). Les distances linéaires minimales sont discrétisées en segment approché par l'arc de cercle le plus proche.

DCP Bouée Argos n°	Zone et section	Dates de suivi Argos début-fin	Distance minimale parcourue mille/km	Temps durée (jour)	Vitesse minimale calculée			
					km.j ⁻¹	km.h ⁻¹	m.s ⁻¹	Noeud
1	Nord Madagascar	26/02/99	350/648	41	15,8	0,65	0,18	0,35
	Est-Ouest (1)	8/04/99						
	Côte Somalie	8/04/99	557/1 031	13	79,3	3,30	0,91	1,76
	Sud-Nord (2)	21/04/99						
2	CCSE							
	3° S-0° (1)	26/02/99	976/1 807	28	69,5	2,9	0,8	0,43
	60° E-90° E (2)	24/03/99 26/04/99	912/1 689	32	70,4	2,93	0,81	0,43
3	CCSE							
	5° S-3° S (1)	26/02/99	246/455,6	13	35	1,46	0,40	0,2
	70° E-90° E	11/03/99						
	Est Chagos (2) à Est Sumatra (3)	11/03/99 10/04/99 10/04/99 24/04/99	759/1 405	30	46	1,95	0,54	0,3
4	CCSE							
	Est Chagos (1) à	26/02/99 28/03/99	812/1 503	30	50,1	2,08	0,58	0,31
	Est Sumatra (2)	28/03/99 24/04/99	276/1 250	24	52,0	2,17	0,60	0,32
5	CSE (1)	22/12/98	170/314	15	20,9	0,87	0,24	0,13
	S-O Seychelles	06/01/99						
	CCSE (2)	06/01/99	370/685	18	38,0	1,58	0,44	0,23
	Nord Chagos (3)	24/01/99 20/02/99	456/844,5	27	31,27	1,30	0,36	0,19
	(4)	20/02/99 27/02/99	182/337	7	48,1	2,00	0,55	0,30

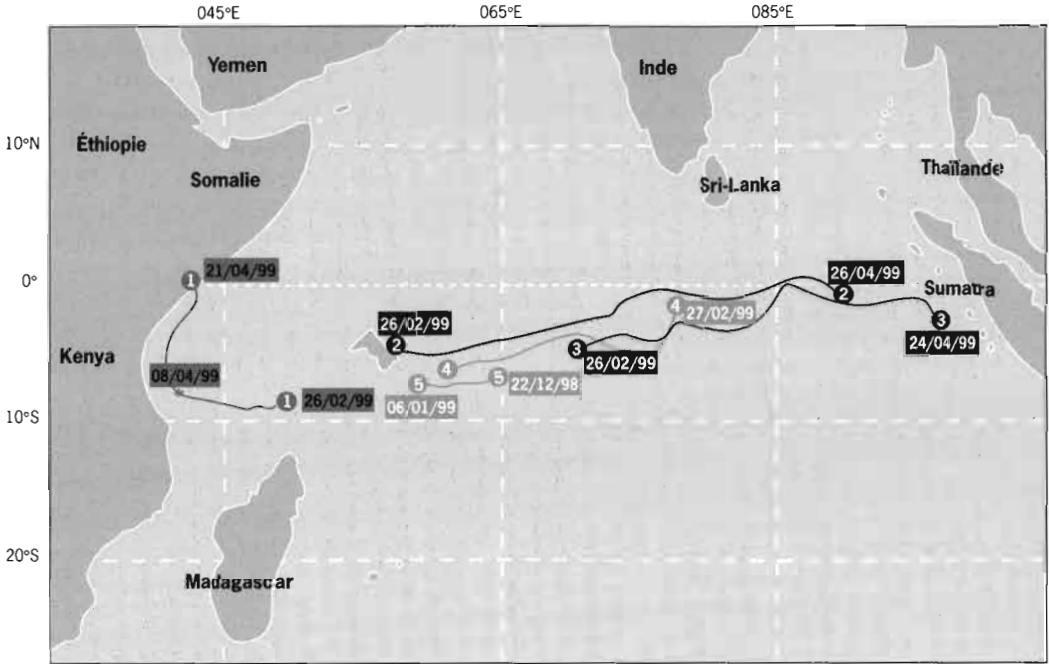


Figure 2
Suivi des dérives de radeaux DCP équipés de bouées Argos d'un thonier sennear français dans l'océan Indien (décembre 1998 - avril 1999); communication de MM. Labbé & Bodilis de l'armement thonier industriel CMB à Concarneau, France (voir tableau 3).

Estimation du volume d'influence ou d'attraction du DCP

Les données expérimentales et les hypothèses pour calculer la surface et le volume d'attraction-rétention proviennent des paragraphes et tableaux précédents. Le calcul purement théorique et déductif sera conduit selon deux hypothèses ou valeurs de paramètres basses (H_1) et haute (H_2), (tab. 4).

Deux modèles ont été retenus pour le calcul de la surface d'attraction-rétention. Le premier modèle est discoïde correspondant à un DCP fixe ancré dans un courant ambiant apparent de $0,1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; la projection en surface forme un disque d'un rayon de 10 km ($S=314\text{ km}^2$); on affectera à ce modèle une profondeur de la couche de gradient de 100 mètres. La section dans un plan vertical de ce volume, quelle que soit la direction, est de 1,57 kilomètre carré. Le volume de ce demi-disque est 2,61 kilomètres cubes. Hilborn & Medley (1989) avaient estimé la surface d'attraction d'un DCP océanique à 250 kilomètres carrés.

Le deuxième modèle, plus adapté au DCP dérivant dans un courant océanique, est un demi-ellipsoïde. Le volume d'attraction d'un DCP est assimilé à un demi-ellipsoïde à trois axes inégaux. Un modèle ellipsoïdal a été utilisé pour la description et le calcul de la surface de pêche d'un casier à mollusque gastéropode (le bulot, *Buccinum undatum*) dans la Manche, en zone de fort courant alternatif de marée par Gros & Santarelli (1986) suivant le développement de modèles diffusifs en

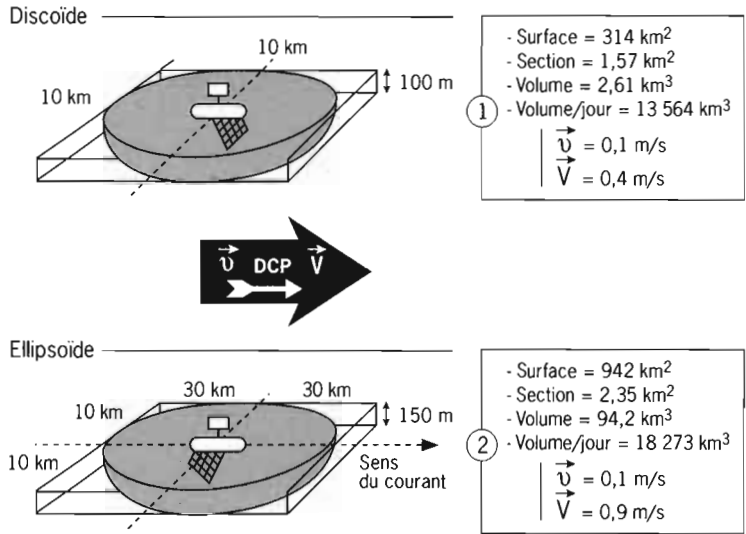
écologie (Okubo, 1980) et leur application à la détermination de la surface d'impact d'engins de pêche appâtés : palangres et casiers (Eggers *et al.*, 1982). L'adoption du modèle ellipsoïdal ou elliptique en surface (voir ci-dessus répartition en surface autour d'un DCP dérivant suivant Hampton & Bailey, 1999) pour le DCP, est fondée sur le fait que le gradient de concentration des éléments biochimiques marqueurs du DCP, susceptibles de permettre la localisation (par chémoréception, pour n'évoquer que ce mécanisme) d'un objet mobile diffusant dans une masse d'eau dérivante peut être construit comme la somme vectorielle des deux vecteurs d'advection et de diffusion. Dans le sens du courant, le coefficient d'advection s'ajoute au coefficient de diffusion qui s'applique dans toutes les directions et, notamment, pour structurer le champ dans la direction perpendiculaire à la résiduelle de courant.

Tableau 4 - Surfaces et volumes d'influence ou d'attraction d'un DCP dérivant.

Volume « instantané » (assimilé à « par seconde »), par heure, par jour. H₁ : hypothèse basse : petit rayon d'attraction, 10 km sur 100 m de profondeur sur un modèle hémisphérique et une forte différence (50 %) entre la vitesse de dérive du courant et la vitesse de dérive du DCP. H₂ : hypothèse haute : modèle ellipsoïdal d'attraction de 60 sur 20 km, 150 m de profondeur et peu de différence (10 %) entre la vitesse de dérive du DCP et celle du courant porteur.

Valeur des paramètres	H ₁	H ₂
Vitesse de dérives observées	0,2 m.s ⁻¹	0,9 m.s ⁻¹
Rapport entre vitesse de dérive du DCP et de la masse d'eau	0,5	0,1
Rayon moyen d'attraction et de fidélité	Hémisphère de 10 km de rayon DCP fixe ou faiblement dérivant	Ellipse de 60 sur 20 km DCP dérivant
Surface de projection du volume d'attraction	314 km ²	942 km ²
Profondeur d'influence	0,1 km	0,15 km
Volume d'attraction/influence	2,61 km ³	94,2 km ³
Volume d'eau de la veine d'eau ambiante en transit sous influence potentielle du DCP		
• Section perpendiculaire au courant	1,57 km ²	2,35 km ²
• Vitesse masse d'eau ambiante	0,2 * 0,5 = 0,1 m.s ⁻¹	0,9 * 0,1 = 0,09 m.s ⁻¹
• Volume d'eau « instantané » (assimilé à « par seconde »)	0,157 km ³	0,211 km ³
• Volume d'eau/heure	565,2 km ³	761,4 km ³
• Volume d'eau/jour	13 564 km ³	18 273 km ³
Volume d'eau « filtré » par le DCP/jour		
• Hypothèse 1 : 50 % de la veine d'eau	13 564 km ³	
• Hypothèse 2 : 10 % de la veine d'eau		18 273 km ³
Volume d'eau prospecté par un thon albacore jeune		
• Vitesse moyenne	1,20 m.s ⁻¹	
• Distance/jour	103 km	
• Distance de perception visuelle uniquement	25 m	
• Section du cylindre	1962 m ²	
• Volume du cylindre/jour	0,203 km ³	

Figure 3
Surfaces et volumes d'influence et d'attraction d'un DCP selon le modèle d'attraction discoïde ou ellipsoïde et le différentiel de vitesse de dérive entre le DCP (\vec{u}) et le courant porteur (\vec{V}).



Ce modèle est appliqué à un volume ellipsoïdal de grand axe de 60 km dans le sens du courant et petit axe de 20 km perpendiculaire au courant porteur, en zone océanique dans un courant géostrophique porteur dont la profondeur maximale de la couche de gradient ou plancher du volume d'attraction du DCP dérivant est de 150 mètres. La projection en surface de l'ellipsoïde est de 942 kilomètres carrés. La section de l'ellipsoïde selon le petit axe, perpendiculaire au courant, est de 2,35 kilomètres carrés. Ces trois axes déterminent un volume sous influence sous la surface de 94,2 kilomètres cubes.

Schématiquement et théoriquement, le calcul déductif permet de mettre en perspective les volumes d'eau prospectés par les thons, les volumes d'eau sous influence des DCP et les masses d'eau en transit :

- le volume d'eau prospecté en une journée par un thon de type listao est de l'ordre de 0,2 km³ par jour ($200 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$) estimé simplement sur la base d'une vitesse de nage de 5 km/h, durant 12 h/jour, pendant 30 j/mois, en réduisant la localisation à la simple détection visuelle d'un DCP par un thon (SKJ) à 25 mètres. Ces hypothèses simples conduisaient à une surface prospectée par le listao de 90 km² par mois par Hilborn & Medley (1989), ce qui correspond au tiers du modèle DCP discoïde ancré et au dixième du modèle ellipsoïde dérivant ;
- le volume d'influence (attraction-rétention) d'un DCP est de l'ordre de 2 à 94 km³ ($2 \text{ à } 94 \cdot 10^9 \text{ m}^3$) ;
- le rapport entre volume d'influence autour d'un DCP et volume prospectable visuellement par un thon en une journée est de l'ordre de $1/100\,000$ ($1 \cdot 10^{-5}$) ;
- le volume d'eau du courant ambiant sous influence potentielle du DCP, pour les hypothèses retenues, est de l'ordre de 13 000 à 18 000 km³ par jour ($13\text{-}18 \cdot 10^{12} \text{ m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$).

- les grands courants océaniques géostrophiques concernés mobilisent un compartiment superficiel sur une épaisseur de 300 à 500 m d'épaisseur et 200 km de large et entraînent un transport de masse de l'ordre de $40 \text{ à } 50.10^6 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ (courant de Somalie; Swallow & Bruce, 1966) et $24.10^6 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ (CSE nord de Madagascar; Piton & Magnier, 1975).

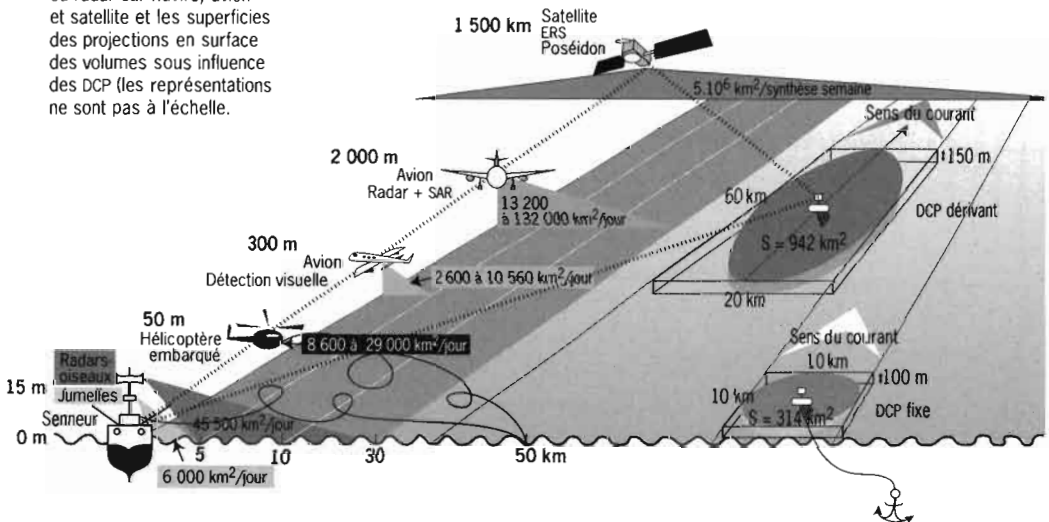
Applications opérationnelles de la pêche thonière associée aux DCP

Exploitation des radio-balises sur DCP, distances entre DCP et durée optimale de dérive

On peut tenter d'établir un rapprochement et une liaison opérationnelle entre les surfaces prospectées par le senseur et la surface sous influence d'un DCP (fig. 4). En phase de prospection diurne (voir article supra I, tab. 6), les surfaces prospectées par un senseur sont de l'ordre de $2\,650 \text{ à } 6\,000 \text{ km}^2/12 \text{ h}$ de jour et de $45\,500 \text{ km}^2/12 \text{ h}$ au radar-oiseaux. Selon les modèles discoïde et ellipsoïde décrits (tab. 4), la surface de la projection en surface du volume sous influence d'un DCP est de l'ordre de $172 \text{ à } 777 \text{ km}^2$ pour des vitesses de dérive respectives de $0,2$ et $0,9 \text{ m.s}^{-1}$ durant 12 h dans les grands courants équatoriaux. L'optimisation de la stratégie de pêche consiste à exploiter successivement les DCP en allant de l'un à l'autre.

L'utilisation, progressive depuis 1990 et intensive depuis 1996, des radio-balises fixées à un objet flottant naturel ou artificiel permet, par émission radio HF ($7 \text{ à } 8 \text{ MHz}$), la localisation à 15 milles (= 27 km) par positionnement goniométrique. Les balises modernes adoptées depuis 1998 par la flotte française utilisent une émission-réception radio HF, commandée du positionnement Argos (précision de 500 m) ou GPS programmée selon les éphémérides des satellites. Elles permettent,

Figure 4
Rapprochement des surfaces prospectées par méthodes optique ou radar sur navire, avion et satellite et les surfaces des projections en surface des volumes sous influence des DCP (les représentations ne sont pas à l'échelle).



pour une durée de vie de 5 à 6 mois, la localisation et le renseignement à une distance de 100 à 1 000 milles (200 à 1 800 km), complétés par une approche locale goniométrique. Cela détermine donc la stratégie globale (changement de zone d'une marée à l'autre) et la stratégie locale, généralement fondée pour les senneurs français sur la localisation et le suivi rapproché d'un DCP marqué lors de la marée précédente, avant de passer à l'exploitation d'un autre DCP marqué et instrumenté. On peut considérer que le temps de « maturation » d'une épave est de l'ordre de 3 jours, pour les senneurs français, ce qui correspond à une distance de dérive moyenne de 60 à 320 km dans les zones actives du contre-courant équatorial et les cellules tropicales de haute vortécité (tab. 3). La zone d'intervention de la flottille des thoniers senneurs français dans l'océan Indien couvre un secteur géographique de 1 000 milles en latitude et 1 500 milles en longitude, soit une surface de 5 millions de kilomètres carrés, centré géographiquement sur l'équateur et l'axe Chagos-Seychelles-Somalie-Mozambique. Pour couvrir cette zone d'intervention, les senneurs français peuvent disposer, en 1999, de quelques dizaines de bouées radio par senneur et les grands senneurs espagnols semblent disposer de l'ordre d'une centaine de balises par senneur.

Selon Okamoto *et al.* (1998), pour la flottille de senneurs japonais dans l'océan Indien Nord-Est, équipés chacun de 15 à 50 balises, le temps de « maturation » moyen d'une épave instrumentée est de 30 à 60 jours après la mise à l'eau. L'analyse des pêches depuis 1983 montre que la distance moyenne entre deux coups de sennes sur épaves instrumentées était de 70 à 80 km en 1980 et de 80 à 100 km en 1990 ; actuellement, en 1995-1996, la distance entre deux coups de sennes sur DCP est de l'ordre de 100 à 150 kilomètres. Le nombre de journées opérationnelles (avec pêche) a augmenté de 50 % en 1983 à 75 % en 1997. Les augmentations du nombre de journées opérationnelles et de la distance moyenne entre deux coups de sennes peuvent être respectivement perçues comme un indice de l'augmentation de la puissance de pêche et un indice de diminution de la densité des bancs, en relation directe avec l'utilisation intensive des DCP efficaces et instrumentés.

Dans le Pacifique Ouest, Farman (1985) rapporte que les captures des senneurs américains, qui disposent de 50 balises par senneur en début de saison pour des marées de 25 jours, varient entre 11 et 35 tonnes par coup, en exploitant les radeaux DCP dans des intervalles de 10 à 30 jours, ce qui correspond à un potentiel de 11 à 105 tonnes par mois et par DCP toutes latitudes et zones confondues. Le recrutement des thons par le DCP peut se réaliser dans un laps de temps variant de 1 à 60 jours, le recrutement étant plutôt brutal (discret) que continu et à forte variance, effectué par banc plutôt que par des individus isolés et sans corrélation entre les caractéristiques du DCP et la taille du banc. Cette discontinuité explique la quasi-impossibilité de calculer un taux moyen de recrutement.

Optimisation des distances entre DCP ancrés sur îles ou archipels

Sur les mêmes hypothèses citées, Hilborn & Medley (1989) estiment que la zone d'attraction d'un DCP océanique est de 250 km², ce qui correspondrait à un cercle d'un rayon de 8 à 9 km, avec des distances entre DCP de 16 kilomètres. Une autre estimation par Kleiber & Hampton (1994), pour des DCP côtiers ou un système d'archipel océanique tel que Hawaï, conduit à une densité optimale de 4 à 5 DCP par 50 km² pour réduire de moitié les émigrations de thons hors du réseau de DCP. Pratiquement, aux îles Fidji, le réseau opérationnel de DCP ancrés en haute mer est effectivement constitué de DCP distants de 16 km, pouvant compter jusqu'à 60 DCP ancrés par senneur (Preston, 1982).

Dans l'océan Indien, Marsac & Cayré (1998), se fondant sur la télémétrie acoustique d'albacores et de listaos dans un réseau de DCP ancrés à l'île de la Réunion, recommandent que la distance entre deux DCP ancrés ne soit pas inférieure à 18 km pour éviter le recouvrement ou l'interférence des sphères d'attraction entre deux DCP proches.

Les biomasses accumulées autour des DCP

L'interprétation des résultats de marquage acoustique ultrasonique en termes de dynamique de l'association thon-objet par le recrutement, la mortalité apparente due à la pêche ou/et l'immigration, pour la gestion spatialisée des interactions entre pêcheries autour des DCP, a été abordée à Hawaï (Hilborn & Medley, 1989; Sibert *et al.*, 2000).

Les biomasses accumulées ont fait l'objet de quelques rares évaluations par la technique simpliste de Petersen de marquage-recapture sur DCP fixes et épaves dérivantes (tab. 5; Hampton & Bailey, 1999).

Une interprétation de ces résultats conduit à une estimation de l'effectif (taille) des bancs associés qui s'échelonnent de quelques centaines d'individus (valeur minimale : 600 BET sur épaves dérivantes) à quelques dizaines de milles (valeur maximale : 32 000 listaos sur DCP ancrés). Ces estimations d'effectifs de bancs sont en accord avec les calculs du nombre d'individus (par le ratio capture totale-poids moyen) de bancs sous épaves entièrement pêchés par les senneurs : de quelques centaines de gros albacores à des dizaines de milliers de petits listaos.

Tableau 5 - Estimations des populations de thons associées aux DCP (Hampton & Bailey, 1999).

			Estimation (nombre)	Écart type
Philippines	DCP ancrés	Listao (SKJ)	16 713	5 822
Philippines	DCP ancrés	Listao (SKJ)	3 452	370
		Albacore (YFT)	4 120	1 176
Indonésie	DCP ancrés	Listao (SKJ)	24 888	7 125
		Albacore (YFT)	13 148	3 114
FSM	Épave dérivante	Listao (SKJ)	3 614	1 613
		Albacore (YFT)	3 194	1 056
		Patudo (BET)	1 596	916

Bard *et al.* (1985) ont émis l'hypothèse que le rayon d'action d'une épave serait fonction de la densité et de la taille (effectif) des bancs dans la zone. Les observations dans toutes les pêcheries thonières de surface montrent qu'il existe une relation inverse entre le nombre d'individus (effectif) dans un banc et la taille (ou poids) moyenne individuelle, pour toutes les espèces et particulièrement pour le listao. Les deux situations extrêmes pour le listao (SKJ) sont, d'une part, des bancs à très fort effectif (5 000 à 20 000 individus de 0,5 à 3 kg) et, d'autre part, des bancs à faible effectif (500 à 1 000 individus de 8 kg et plus) (Dagorn, 1994). L'interprétation fonctionnelle de cette agrégation est que les thons cherchent à constituer des bancs à effectif optimal entre ces deux extrêmes : beaucoup de petits thons ou peu de gros pour une même quantité de nourriture disponible potentiellement sous DCP et pour les bancs libres également. La création de bancs de faible effectif (quelques centaines) se réalise plus facilement et à moindre coût énergétique. Les DCP, dispositifs de concentration, favorisent énergétiquement plus l'agrégation des petits individus (jeunes) que celle des gros individus qui forment naturellement, à moindre coût, des bancs à effectifs plus réduits (Fréon & Misund, 1999).

Les pêches successives : épuisement, remplacement, recrutement par les DCP

Plusieurs observateurs ont rapporté les résultats de pêches successives à la senne sur DCP dérivants naturels ou artificiels (Hall *et al.*, 1999; Hallier & Parajua, 1992; Ariz Telleria *et al.*, 1999). Le record cité par Hampton & Bailey (1999) semble être des captures totales cumulées de 1 500 t en deux semaines par des pêches successives sur un arbre flottant de 80 m de long dans le Pacifique. Des pêches successives ont été analysées par Hallier & Parajua (1992) dans l'océan Indien, au large du Sénégal (Hallier & Delgado de Molina, 2000), par Ianelli (1987) et Hampton & Bailey (1999) sur les senneurs américains du Pacifique Ouest et par Suzuki (1992) sur les senneurs japonais du Pacifique Ouest et Central. Le plus fréquemment, les pêches successives sur un même DCP sont au nombre de 6 à 7 en 8 jours maximum et conduisent à des réductions de capture de listao par coup de senne de 50 à 10 tonnes. La réduction d'abondance est nette sur le listao (SKJ), essentiellement entre le premier et le second coups de senne. L'incidence est moins nette, voire insensible, sur le patudo (BET).

On peut envisager un remplacement progressif des individus pêchés par un « recrutement de remplacement ». Des individus plus gros, plus âgés, situés plus profondément remplacent les petits individus pêchés au début. Cette substitution pourrait se faire entre espèces. La réduction du nombre de listaos (SKJ) permettrait aux thons obèses (BET) de remonter en surface.

Le recrutement par attraction et concentration d'individus isolés en de petits bancs semble un phénomène progressif correspondant à la somme des probabilités de rencontre et de détection par le thon d'un gros objet

dérivant, de dimension minimale 1 à 1,5 m de long sur 0,1 m de diamètre, repérable par le thon à 25 m maximum, selon Hampton & Bailey (1999).

Selon Ianelli (1987), fondés sur l'analyse de 165 coups de senne dans le Pacifique Ouest, les résultats du modèle conduiraient en moyenne à un recrutement sur DCP de 7,5 t/jour, une exploitation de la biomasse accumulée initiale de 104 t avant pêche, soit un renouvellement de la biomasse autour des DCP en 20 jours.

Bien que les processus de recrutement d'une population de thons par un DCP aient été modélisés par Ianelli (1987) et fait l'objet d'observations sur la flottille japonaise (Itano, 1991), il n'apparaît pas clairement de schéma type de recrutement mais une forte diversité dans ce processus. Des recrutements massifs de quelques tonnes à quelques dizaines de tonnes sont réalisés en peu de temps, soit quelques heures à un jour, lorsque le banc est déjà constitué et trouve un objet attractant. En fait, il ne s'agit pas, dans ce cas, de concentration mais de fixation et de rétention d'un banc préexistant.

Discussion : une surdensité de DCP peut entraîner la redispersion et la déconcentration des poissons

La multiplication exponentielle du nombre de DCP dérivants (instrumentés ou non) depuis quinze années à l'échelle mondiale s'est développée en trois phases.

Au cours de la première phase, les DCP artificiels augmentent le nombre d'objets dérivants et, dans un océan relativement vide d'objets attractants, entraînent effectivement la concentration, l'agrégation, la rétention des thons. C'est une phase de dissémination de DCP favorable à la formation de bancs et bénéfique pour les thoniers.

Au cours de la deuxième phase dans laquelle se trouvent en 1999 les flottilles industrielles européennes (France et Espagne) et japonaises en océan Indien, une forte concurrence apparaît pour la ressource thonière et l'espace disponible et se traduit par la « guerre » des DCP radio-balisés. L'augmentation du nombre de DCP s'exerce en termes de concurrence et affecte les résultats économiques des unités comme dans toute pêcherie ouverte (Samples & Sproul, 1985 ; Hilborn & Medley, 1989).

Au cours de la troisième phase, actuellement en cours de développement, le nombre de DCP instrumentés disséminés est tel qu'ils rentrent, en tant que concentrateurs, en concurrence pour une biomasse commune limitée et dispersée. Cette surdensité de DCP, ajoutée aux objets et débris flottants naturels abondants qui ont fait l'objet d'une estimation objective dans le Pacifique Ouest et Central par Suzuki (1992), limitent la concentration en gros bancs et favorisent la redispersion et la déconcentration du poisson. Pour lutter contre cette surdispersion, Hampton & Bailey (1999) rapportent que la stratégie des senneurs américains dans le Pacifique Ouest est de réduire le nombre de petits objets flottants en les collectant, les rassemblant et les attachant en un amas central attractant doté d'une balise équipée de radio-émetteur pour exploitation ultérieure.

Il est préoccupant de constater que, sur le plan strictement opérationnel, sans évoquer l'impact sur la ressource (Marsac *et al.*, 2000), la technique d'aide à la pêche du thon à la senne sur DCP artificiels dérivants instrumentés semble avoir achevé en moins de vingt ans, à l'échelle de l'océan Indien au moins, le cycle des trois phases :

- gain d'efficacité pour tous les senneurs ;
- concurrence économique sur une ressource en accès libre par l'accroissement technologique des puissances de pêche individuelle et de flottille ;
- redispersion de la ressource par la multiplication des objets attractants artificiels et dissipation des gains de la première phase.

Remerciements

Je remercie très sincèrement et très chaleureusement Pierre Fréon et Daniel Gaertnet de l'IRD pour le travail de lecture critique du texte très imparfait qui leur a été soumis ; leurs corrections salutaires ont permis d'améliorer de façon très nette et de rendre lisible le texte soumis ; je regrette de n'avoir pas pu prendre en compte, pour ce présent texte et faute de temps et de données, toutes leurs critiques et suggestions pertinentes.

Références bibliographiques

- Ariz Telleria J., Delgado de Molina A., Delgado de Molina R., Pallarés P., Santana J.C., 1999. Resultados de la explotación de los cardumenes de tunidos asociados a un dispositivo agregador de peces, mediante diez pescas consecutivas. Doc. ICCAT, SCRS/99/63, submitted for Recl. Doc. Sci. ICCAT.
- Bard F.-X., Stretta J.-M., Slepoukha M., 1985. Les épaves artificielles comme auxiliaires de la pêche thonière en océan Atlantique. Quel avenir ? *Pêche Marit.*, 64(1291), 655-659.
- Bard F.-X., Bach P., Josse E., 1998. Habitat, écophysiologie des thons : quoi de neuf depuis 15 ans ? *In*: Symposium ICCAT sur les thonidés, Açores, juin 1996. Recl. Doc. Sci. ICCAT, 50(1), 319-340.
- Bayliff W.H. (comp.), 1993a. An index bibliography of papers on tagging of tunas and billfishes. Spec. Rep. I-ATTC, 8, 91 p.
- Bayliff W.H., 1993b. Additional references on tuna and billfish tagging to I-ATTC. Addendum to Spec. Rep. I-ATTC, 8, 3 p.
- Brill R.W., Block B., Boggs C., Bigelow K., Freund E., Marcinek D., 1996. Horizontal and vertical movements of adult yellowfin tuna near the Hawaiian islands observed by acoustic telemetry. *In*: Sustaining tuna fisheries: issues and answers. Proceedings of the 47th tuna conference. Jackson A., Rasmussen R., Bartoo N., (eds). NOAA/NMFS, Southwest Fishery Science Center, La Jolla, CA.
- Caddy J., Majkowski J., 1996. Tunas and trees: a reflection on the long-term perspectives for tuna fishing around floating logs. *Fish. Res.*, 25, 369-376.

- Carey F.G., Lawson T., 1973. Temperature regulation in free-swimming bluefin tuna. *Comp. Biochem. Physiol.*, 44A, 375-392.
- Carey F.G., Olson R., 1982. Sonic tracking experiment with tuna. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 17, 458-466.
- Cayré P., Chabanne J., 1986. Marquage acoustique et comportement de thons tropicaux (albacore : *Thunnus albacares* et listao : *Katsuwonus pelamis*) au voisinage d'un dispositif concentrateur de poissons. *Océanogr. Trop.*, 21, 167-183.
- Cayré P., 1991. Behaviour of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) around Fish Aggregating Devices (FADs) in the Comores Islands as determined by ultrasonic tagging. *Aquat. Living Resour.*, 4, 1-12.
- Cayré P., Marsac F., 1993. Modelling the yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) vertical distribution using sonic tagging results and local environmental parameters. *Aquat. Living Resour.*, 6, 1-14.
- Dagorn L., 1994. Le comportement des thons tropicaux modélisé selon les principes de la vie artificielle. Thèse de doctorat en halieutique, école nationale supérieure agronomique, Rennes. *Trav. Doc. Inst. Fr. Rech. Sci. Dév. Coop.*, 133, 250 p.
- Farman R.S., 1985. The dynamics of tuna aggregation under anchored rafts. Tuna and billfish assessment programme. *SPC Intern. Rep.*, 8, 7 p.
- Eggers D.M., Rickard N.A., Chapman D.G., Whitney R.R., 1982. A methodology for estimating area fished for baited hooks and traps along a ground line. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 39, 448-453.
- Fréon P., Misund O.A., 1999. Dynamics of pelagic fish, distribution and behaviour: effects on fisheries and stock assessment. *Fishing News Books*, 348 p.
- Gros P., Santarelli L., 1986. Méthode d'estimation de la surface de pêche d'un casier à l'aide d'une filière expérimentale. *Oceanol. Acta*, 9(1), 81-85.
- Hall M., García M., Lennert-Cody C.E., Arenas P., Miller F., 1999. The association of tunas with floating objects and dolphins in the Eastern Pacific Ocean: a review of the current purse seine fishery. *In: Proceedings of the international workshop on the ecology and fisheries for tunas associated with floating objects.* Scott M.D., Bayliff W.H., Lennert-Cody C.E. & Schaefer K.M. (comp.). *Spec. Rep. I-ATTC*, 11, 87-194.
- Hall M., Lennert-Cody C.E., 1992. The association of tunas with floating objects and dolphins in the Eastern Pacific Ocean. VIII: A proposed migratory circuit for yellowfin tuna in the Eastern Pacific Ocean. *In: Proceedings of the international workshop on the ecology and fisheries for tunas associated with floating objects.* Scott M.D., Bayliff W.H., Lennert-Cody C.E. & Schaefer K.M. (comp.). *Spec. Rep. I-ATTC*, 11, 10 p., 9 fig. *Backgr. Pap.*

- Hallier J.-P., Parajua J.I., 1992. Fishing for tunas on the same floating object. *In*: Proceedings of the international workshop on the ecology and fisheries for tunas associated with floating objects. Scott M.D., Bayliff W.H., Lennert-Cody C.E. & Schaefer K.M. (comp.). Spec. Rep. I-ATTC, 11, 4 p., 2 tab., 4 fig. Backgr. Pap.
- Hallier J.-P., Parajua J.I., 1992. Tropical tuna at sea: what are they associated with? *In*: Proceedings of the international workshop on the ecology and fisheries for tunas associated with floating objects. Scott M.D., Bayliff W.H., Lennert-Cody C.E. & Schaefer K.M. (comp.). Spec. Rep. I-ATTC, 11, 13 p., 7 tab., 5 fig. Backgr. Pap.
- Hallier J.-P., Delgado de Molina A., 2000. Baitboat as a tuna aggregating device. *In*: Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons. Le Gall J.-Y., Cayré P., Taquet M. (eds). Éd. Ifremer, Actes Colloq., 28, 553-578.
- Hampton J., Bailey K., 1999. Fishing for tunas associated with floating objects: review of Western Pacific fishery. *In*: Proceedings of the international workshop on the ecology and fisheries for tunas associated with floating objects. Scott M.D., Bayliff W.H., Lennert-Cody C.E. & Schaefer K.M. (comp.). Spec. Rep. I-ATTC, 11, 222-284.
- Hilborn R., Medley P., 1989. Tuna purse seine fishing with Fish Aggregating Devices (FADs) models of tuna FADs interactions. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 46, 28-32.
- Holland K.N., Brill R.W., Chang R.H.C., 1990. Horizontal and vertical movements of yellowfin and bigeye tuna associated with Fish Aggregating Devices. *Fish. Bull.*, 88, 493-507.
- Hunter J.R., Mitchell C.T., 1968. Field experiments on the attraction of pelagic fish to floating objects. *J. Cons. Int. Explor. Mer*, 31(3), 427-434.
- Hunter J.R., Argue A.W., Bayliff W.H., Dizon A.E., Fonteneau A., Goodman D., Seckel G.R., 1986. The dynamics of tuna movements : an evaluation of the past and future research. *FAO Fish. Tech. Pap.*, 277, 78 p.
- Ianelli J., 1987. A method for estimating recruitment patterns of tunas to floating objects using removal data. Tuna and billfish assessment programme. *SPC Intern. Rep.*, 11 p.
- Itano D.G., 1991. Tuna tagging and observations on Japanese group purse seine vessels (9-28 April 1990). Tuna and billfish assessment programme. *SPC Tech. Rep.*, 23.
- Josse E., Bach P., Dagorn L., 1998. Simultaneous observations of tuna movements and their prey by sonic tracking and acoustic surveys. *Hydrobiologia*, 371/372, 61-69.
- Kleiber P., Hampton J., 1994. Modeling effects of FADs and islands on movements of skipjack (*Katsuwonus pelamis*) estimating parameters from tagging data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 51, 2642-2653.

- Klimley A.P., Holloway D., 1996. Automated monitoring of yellowfin tuna and Hawaiian FADs. NOAA/NMFS. Tuna Newslet., November 1996.
- Klimley A.P., Holloway C.F., 1999. School fidelity and homing synchronicity of yellowfin tuna *Thunnus albacares*. Mar. Biol., 133, 307-317.
- Lauris R.M., Yuen H.S., Johnson J.H., 1977. Small-scale movements of albacore, *Thunnus alalunga*, in relation to ocean features as indicated by ultrasonic tracking and oceanographic sampling. Fish. Bull., 75, 347-355.
- Leontiev S., 1992. Characteristics of formation and behaviour of associated aggregations of tunas in the Western Indian Ocean. In: Proceedings of the international workshop on the ecology and fisheries for tunas associated with floating objects. Scott M.D., Bayliff W.H., Lennert-Cody C.E. & Schaefer K.M. (comp.). Spec. Rep. I-ATTC, 11, 5p., 5 fig. Backgr. Pap.
- Levenez J.J., 1982. Note préliminaire sur l'opération sénégalaise de tracking de listao. Recl. Doc. Sci. ICCAT, 17, 189-194.
- Magnuson J.J., Weininger D., 1978. Estimation of minimum sustained speed and associated body drag of scombrids. In: The physiological ecology of tunas. Sharp G.D., Dizon A.E. (eds). Academic Press, 293-312.
- Marsac F., Cayré P., 1998. Telemetry applied to behaviour analysis of yellowfin tuna (*Thunnus albacares* Bonnaterre, 1788) movements in a network of Fish Aggregating Devices. Hydrobiologia, 371/372, 155-171.
- Marsac F., Fonteneau A., Ménard E., 2000. Drifting FADs used in tuna fisheries : an ecological trap? In: Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons. Le Gall J.-Y., Cayré P., Taquet M. (eds). Éd. Ifremer, Actes Colloq., 28, 537-552.
- Okubo A., 1980. Diffusion and ecological models: Biomathematics, 10, Springer-Verlag (ed.), Berlin, Heidelberg, New-York, 254 p.
- Okamoto H., Hirokawa S., Miyabe N., 1998. Trend of some features and possible factors which affect fishing performance of the Japanese purse seine fishery in the Indian and Pacific Oceans. ICCAT/SCRS, 98/37, 6 p., 8 fig., 1 tab.
- Pallarés P., Fonteneau A., Nordstrom V., Delgado de Molina A., Santana J.C., Ariz Telleria J., 1998. Analisis de las capturas de atunes, asociadas a objectas flotantes, efectuadas por las flotas de cerco en el oceano atlantico. Symposium ICCAT sur les thonidés, Açores, juin 1996. Recl. Doc. Sci. ICCAT, 50(2), 449-474.
- Piton B., Magnier Y., 1975. Remarques sur la circulation et les caractéristiques hydrologiques de la couche superficielle entre Madagascar et l'équateur. Cah. Orstom (Sér. Océanogr.), 13(2), 117-132.

- Preston G.L., 1982. The Fijian experience in the utilization of Fish Aggregation Devices. 14th Reg. Tech. Meeting on Fisheries. SPC Work. Pap., 25.
- Samples K., Sproul, 1985. Fish Aggregating Devices and open-access commercial fisheries; a theoretical inquiry. Bull. Mar. Sci., 37(1), 305-317.
- Sibert J., Holland K.N., Itano D., 2000. Exchange rates of yellowfin and bigeye tunas and fisheries interaction between Cross Seamount and near-shore FADs in Hawaiï. Aquat. Living Resour., 13(4), 223-230.
- Suzuki Z., 1992. General description on tuna biology related to fishing activities on floating objects by Japanese purse seine boats in the Western and Central Pacific. *In*: Proceedings of the international workshop on the ecology and fisheries for tunas associated with floating objects. Scott M.D., Bayliff W.H., Lennert-Cody C.E. & Schaefer K.M. (comp.). Spec. Rep. I-ATTC, 11, 9 p., 9 fig., 6 tab. Backgr. Pap.
- Swallow J.C., Bruce J.G., 1966. Current measurements off the Somali Coast during the southwest monsoon of 1964. Deep-Sea Res., 13(5), 861-888.
- Takahashi M., Urakawa T., Kasahara F., Kanda A., 1988. Jamarc's activities on tagging tunas in Indian Ocean. Expert consultation on stock assessment of tunas in the Indian ocean, Mauritius, 22-27 June 1988. IPTP Collect. Vol. Work. Doc., 3, 208-223.
- Yonemari T., 1982. Study of tuna behaviour, particularly their swimming depths, by use of sonic tags. Far Sea Fish. Res. Lab. (Shimizu) Newslet., 44, 1-5.
- Yuen H.S., 1970. Behaviour of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, determined by tracking with ultrasonic devices. J. Fish. Res. Bd. Canada, 27, 2071-2070.

Comparaison des captures des grands poissons pélagiques en Martinique avec ou sans DCP

Martial Laurans, Marc Taquet, Lionel Reynal, Alain Lagin

Ifremer, délégation des Antilles, Drv/rh, Pointe Fort, 97231 Le Robert, Martinique, Laurans@roazhon.inra.fr

Abstract

In recent years, the use of FADs in Martinique has evolved from an experimental stage to a productive one. This transformation results in the pitching up of operational device park by the regional fishery committee. Nevertheless, this technical change in fishing practices is not implemented in a homogeneous way all around the island; some differences exist especially between the Atlantic and the Caribbean coasts. From surveys carried out during an annual cycle on two main landing sites, this study describes the pelagic fishing activity around FADs and in the open sea. A comparison of fishing strategies adopted in different places as well as an analysis of the results obtained by the fishing units in terms of species (size of catches and daily yields) allow to describe the progress made in the implementation adoption of this new fishing practice. For several fishermen, fishing around FADs has become an exclusive job, practised all year round. For others, FADs is used in addition to traditional fishing activity on flotsam, "Miquelon" fishing and keeps a seasonal character.

Introduction

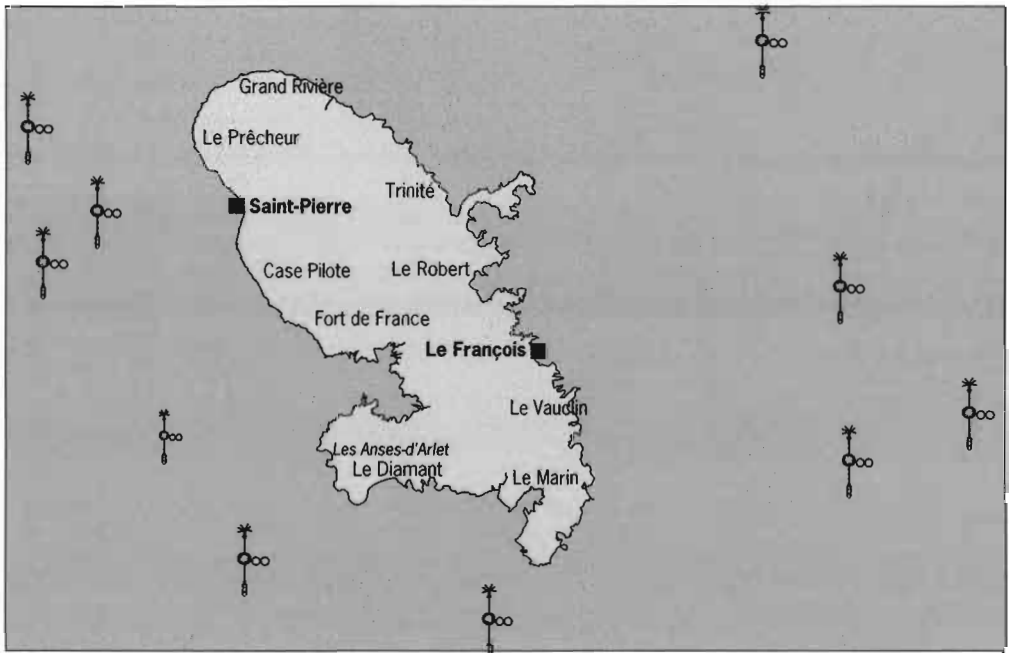
L'île de la Martinique fait partie de l'arc antillais, elle est située par 14° 40' de latitude nord et 61° de longitude ouest. Comme dans beaucoup de sociétés insulaires, la pêche occupe une place importante mais reste principalement côtière. La taille des embarcations (5 à 9 m) non pontées ne permet pas d'effectuer des sorties de plus d'une journée. L'effort de pêche est très élevé sur le plateau insulaire (0 à 150 m environ) où l'exploitation des poissons de fond et des crustacés s'effectue essentiellement à l'aide de nasses et de filets.

Dans ce contexte de forte pression de pêche sur les ressources récifales, la nécessité de transférer l'effort de pêche vers les espèces pélagiques s'est imposée aux aménageurs depuis plusieurs décennies. La pêche traditionnelle comprend des métiers qui ciblent les poissons pélagiques : le métier de la pêche à la traîne côtière se pratique sur les hauts-fonds situés jusqu'à 10 milles de la côte ; le métier de la pêche « à Miquelon », que l'on définit comme la pêche de traîne au large, consiste à rechercher et exploiter les poissons qui se trouvent sous un objet flottant dérivant ou

regroupés en bancs libres. Néanmoins, ces métiers, généralement saisonniers, ne permettent pas l'exploitation optimale de toutes les ressources pélagiques présentes autour de l'île.

Après l'expérimentation de plusieurs techniques de pêche en Martinique et dans d'autres îles de l'arc antillais, les premiers essais d'implantation de dispositifs de concentration de poissons (DCP) ont été menés en 1982 en Martinique (Sacchi & Lagin, 1985). À compter de cette date, plusieurs programmes ont été conduits afin de développer et de mieux maîtriser cet outil. Plusieurs DCP sont actuellement en exploitation autour de l'île (fig. 1). Les professionnels ont progressivement développé le métier de la pêche sous DCP. Ce métier comporte deux phases complémentaires. La première phase, très active au lever du jour, consiste à capturer des petits thons à l'aide de lignes de traîne (leurres artificiels). Les premiers petits thons capturés servent ensuite d'appâts vivants. Ils sont placés sur une ligne appelée « bidon » qui est utilisée pour la capture des marlins et des gros thons. Le « bidon » est une ligne verticale, grée d'un seul hameçon, dérivant à une profondeur comprise entre 50 et 150 mètres.

Figure 1
Carte de la Martinique avec la position des DCP et les lieux où les mensurations de poissons aux débarquements sont effectuées (■).



La fréquentation des DCP par les professionnels, notamment sur la côte Nord-Caraïbe, a conduit à la mise en œuvre d'une évaluation plus précise de l'impact de ce nouvel outil sur la composition des captures de poissons pélagiques. Pour cela, un programme de mensuration des prises effectuées sous et hors DCP a été mis en place depuis mai 1998, sur deux principaux sites de débarquement. Une analyse des fréquences de taille des thonidés permet de discuter de l'impact des DCP sur les ressources.

Par ailleurs, une analyse des ractiques de pêche est opérée en référence à la répartition par espèce (profils spécifiques) des captures. Elle permet de définir le rôle actuel du DCP dans le système halieutique martiniquais.

Matériel et méthodes

Compte tenu du nombre de points de débarquements existant en Martinique (130) (Guillou & Lagin, 1997) et des moyens humains disponibles pour l'étude (1 enquêteur), il n'a pas été possible de recourir à un échantillonnage classique de type stratifié ou par grappe. La méthode retenue est donc basée sur des enquêtes hebdomadaires systématiques en deux points de débarquement de l'île : au François et à Saint-Pierre (fig. 1). Toutes les unités débarquant du poisson pélagique pendant les heures d'enquête sont échantillonnées. Pour chaque débarquement, tous les poissons sont identifiés, pesés et mesurés. Les techniques de pêche et certains paramètres biologiques (sexe, maturité) sont également notés. Le lieu (DCP, haut-fond ou « Miquelon »), les heures de début et de fin de sortie de pêche sont précisés. Après chaque enquête, l'ensemble des données ainsi obtenues est archivé dans une base informatisée. Sur chacune des côtes enquêtées (caraïbe et atlantique), les pêcheurs fréquentent les mêmes DCP, les mêmes bancs et les mêmes zones de pêche « à Miquelon ». Ils utilisent, par ailleurs, des techniques de pêche identiques. Il y a donc une grande homogénéité des captures sur les différents sites d'une même côte, ce qui valide la stratégie d'échantillonnage retenue. Connaissant les pratiques des pêcheurs, les heures d'enquêtes s'effectuent de 13 h à 19 h au port de pêche du François et de 7 h à 14 h 30 à Saint-Pierre.

Les données collectées ont été traitées de deux manières distinctes. Le premier traitement porte sur l'analyse des fréquences de taille des espèces débarquées en fonction du lieu de capture. L'objectif est de comparer la taille des poissons capturés sous et hors DCP. La comparaison n'a pu être réalisée que sur trois espèces, l'albacore (*Thunnus albacares*), le thon noir (*Thunnus atlanticus*), le listao (*Katsuwonus pelamis*). Pour les autres, le faible nombre de captures échantillonnées ne permet pas l'obtention de résultats significatifs.

Un second traitement porte sur les sorties journalières des unités de pêche et vise à comparer les tactiques mises en œuvre à chaque sortie en fonction des profils spécifiques des débarquements. Les variables sélectionnées pour l'analyse sont les proportions de chaque espèce débarquée. Une analyse en composantes principales (ACP), puis une classification automatique sont opérées sur le tableau de variables. Le logiciel utilisé est Spad 3.5 sous Windows. L'ACP est réalisée sur les données centrées, non réduites et sans codage. En effet, les unités des variables de base sont identiques (kg), la transformation en proportion de la capture totale permet ainsi une comparaison directe, en réduisant les effets de l'abondance. Deux sorties de tonnages différents ayant des compositions spécifiques identiques seront équivalentes. La réduction des données n'est

pas nécessaire ; au contraire, elle entraînerait la non-prise en compte de la variabilité des captures pour chaque espèce. Par la suite, une classification ascendante hiérarchique (CAH) des sorties est effectuée en référence à leurs coordonnées sur les 7 premiers axes de l'ACP. Le critère d'agrégation utilisé est celui de Ward (1963). Le seuil de coupure du dendrogramme peut être ajusté afin d'obtenir une classification plus ou moins fine du nuage de points (les sorties). Les valeurs test calculées lors de l'analyse permettent une caractérisation des classes obtenues. Ces valeurs test correspondent à un critère statistique basé sur un test de comparaison de moyennes. La valeur test est significative dès que sa valeur absolue est supérieure à deux.

Pour deux espèces, des catégories de tailles ont été définies. Le thon noir se répartit en deux variables : TN1 correspond aux poissons dont la longueur à la fourche est inférieure ou égale à 45 cm et TN2 regroupe les poissons plus grands. L'albacore est scindé en trois variables : TA1 regroupe les poissons dont la longueur à la fourche est inférieure ou égale à 40 cm, TA2, les poissons compris entre 40 et 70 cm de longueur à la fourche et TA3, les plus grands individus. Pour ces deux espèces, le choix de ces limites tient compte des résultats obtenus par l'analyse des fréquences de taille dans les captures. Au total, quatorze variables actives sont utilisées. Quatre caractéristiques techniques de la sortie (consommation de carburant, nombre de DCP visités, puissance et nombre de moteurs) sont utilisées comme variables illustratives afin d'aider à caractériser les classes.

En l'absence de données locales, la taille de première maturité sexuelle pour l'albacore utilisée ici est celle obtenue par Fonteneau (1979) dans le golfe de Guinée. Pour le thon noir, nous avons retenu une longueur de 45 cm, définie sur la base des résultats du programme « Grands Pélagiques Martinique » mené par l'Ifremer (Taquet *et al.*, 1998).

Après une année d'étude, 370 débarquements ont pu être échantillonnés, 217 sorties correspondent à des pêches sous DCP, les autres sorties étant réparties entre la pêche « à Miquelon » (79 sorties) et la pêche sur les hauts-fonds (57 sorties). Ainsi, 4 500 poissons pélagiques ont été mesurés et pesés avec indication de leur lieu de capture. Ils se répartissent en 11 espèces différentes (tab. 1).

Tableau 1 : Principales espèces débarquées.

Nom latin	Nom français	Nom anglais	Nom local
<i>Thunnus albacares</i>	Albacore	Yellowfin tuna	Thon jaune
<i>Thunnus atlanticus</i>	Thon à nageoires noires	Blackfin tuna	Thon noir
<i>Katsuwonus pelamis</i>	Listao	Skipjack tuna	Bonite
<i>Makaira nigricans</i>	Makaire bleu de l'Atlantique	Atlantic blue marlin	Varé
<i>Coryphaena hippurus</i>	Dorade coryphène	Dolphinfish	Dorade
<i>Acanthocybium solandri</i>	Thazard bâtard	Wahoo	Thazard rélé
<i>Scomberomorus cavalla</i>	Thazard serra	King mackerel	Thazard blanc
<i>Euthynnus alletteratus</i>	Thonine commune	Little tunny	Gueule molle
<i>Auxis thazard</i>	Auxide	Frigate tuna	Thazard
<i>Elagatis bipinnulata</i>	Comète saumon	Rainbow runner	Somon
<i>Sphyrnaea barracuda</i>	Barracuda	Barracuda	Barracuda

Résultats

Composition spécifique pondérale des captures en fonction du métier

Quatre espèces sont largement dominantes dans les captures sous DCP (tab. 2). Ainsi, la composition spécifique pondérale moyenne est de 29 % de thons noirs, 27 % d'albacores, 24 % de marlins bleus (*Makaira nigricans*) et 9 % de listaos. Le reste est composé, dans de faibles proportions, par les autres espèces citées dans le tableau 1. Par contre, à « Miquelon », la dorade coryphène (*Coryphaena hippurus*) et le thazard bâtard (*Acanthocybium solandri*) sont prédominants avec respectivement 53 % et 28 % de la composition spécifique. Quant à la pêche sur les hauts-fonds, ce sont les barracudas (*Sphyaena barracuda*) avec 40 % et les thazards serras (*Scomberomorus cavalla*) avec 27 % qui représentent la plus grande part des captures.

Tableau 2 - Composition spécifique pondérale des débarquements (en %) en fonction du type de métier

Nom latin	DCP	Miquelon	Hauts-fonds
<i>Thunnus albacares</i>	27	10	5
<i>Thunnus atlanticus</i>	29	5	13
<i>Katsuwonus pelamis</i>	9	1	3
<i>Makaira nigricans</i>	24	0	0
<i>Coryphaena hippurus</i>	2	53	3
<i>Acanthocybium solandri</i>	6	28	7
<i>Scomberomorus cavalla</i>	0	0	27
<i>Euthynnus alletteratus</i>	1	0	0
<i>Auxis thazard</i>	1	0	0
<i>Elagatis bipinnulata</i>	0	0	3
<i>Sphyaena barracuda</i>	1	3	40

Analyse des différentes espèces de thonidés sous et hors DCP

Les albacores capturés sont en majorité de petite taille (fig. 2a). Ils se répartissent dans les classes TA1 et TA2, avec une majorité de poissons autour de 50 cm de longueur à la fourche. La classe TA1 est principalement capturée sous les DCP. La classe TA2 est la plus pêchée quel que soit l'endroit. La dernière classe TA3, composée de gros individus essentiellement de taille supérieure à 120 cm de longueur à la fourche, est pêchée de façon quasi exclusive sous les DCP. Ces gros individus sont majoritairement capturés à l'aide de la technique du « bidon ».

Les thons noirs capturés autour de l'île appartiennent à deux classes bien distinctes (fig. 2b). La première classe TN1, constituée d'un grand nombre d'individus de longueur moyenne à la fourche de 27 cm, n'est présente que sous les DCP. La classe TN2 comporte un mode principal centré entre 50 et 55 cm de longueur à la fourche. Cette classe est capturée indifféremment par l'ensemble des métiers du pélagique.

Pour les listaos, un seul mode apparaît nettement, de 20 à 38 cm de longueur à la fourche (fig. 2c). Ces tailles sont capturées exclusivement sous les DCP. De faibles proportions de poissons plus gros ($38 \text{ cm} \leq \text{LF} < 83 \text{ cm}$) sont observées dans les pêches sous et hors DCP.

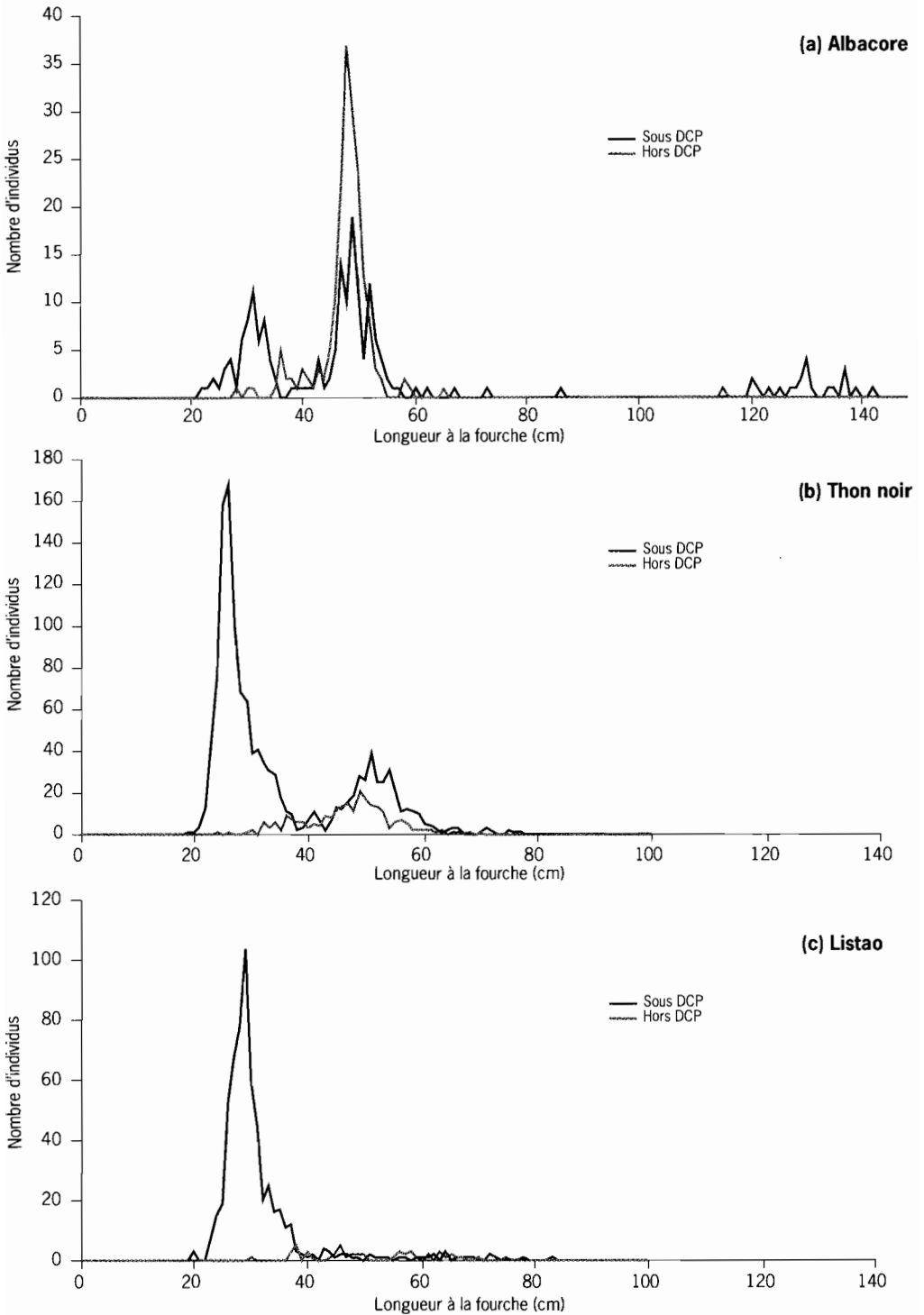


Figure 2 - Fréquences de tailles des captures des thonidés sous et hors DCP, (a) pour l'albacore, (b) pour le thon noir, (c) pour le listao.

Pour les trois espèces précédentes (albacore, thon noir et listao), on observe que la classe de taille la plus petite est principalement capturée sous les DCP. Ce résultat est très significatif pour le thon noir et le listao, légèrement moins pour l'albacore. Les classes de tailles intermédiaires se trouvent aussi bien sous que hors DCP. Les prises hors DCP sont réalisées tant sur les hauts-fonds que sous les objets flottants. Si les DCP permettent de capturer beaucoup de petits thons, ils autorisent également la capture de poissons de grande taille, rarement pêchés hors DCP. On le note ici pour l'albacore, mais c'est également le cas pour le marlin bleu puisque 100 % des captures échantillonnées de cette espèce proviennent des DCP.

En tenant compte des seuils de maturité précédemment définis, les résultats obtenus pour les deux espèces, thon noir et albacore, sont très proches (tab. 3). Ainsi, la proportion du nombre d'individus juvéniles dans les captures est élevée (supérieur à 70 % pour les deux espèces). À l'inverse, ces mêmes individus ne représentent qu'une faible part en poids des quantités débarquées, inférieure ou égale à 30 %.

Tableau 3 - Proportion des juvéniles dans les captures (en nombre et en poids) de l'albacore et du thon noir provenant des DCP.

Espèces	Longueur à la fourche (cm)	% en poids débarqués	% du nombre d'individus débarqués
<i>Thunnus albacares</i>	+ de 70	79	15
<i>Thunnus albacares</i>	- de 70	21	85
<i>Thunnus atlanticus</i>	+ de 45	70	26
<i>Thunnus atlanticus</i>	- de 45	30	74

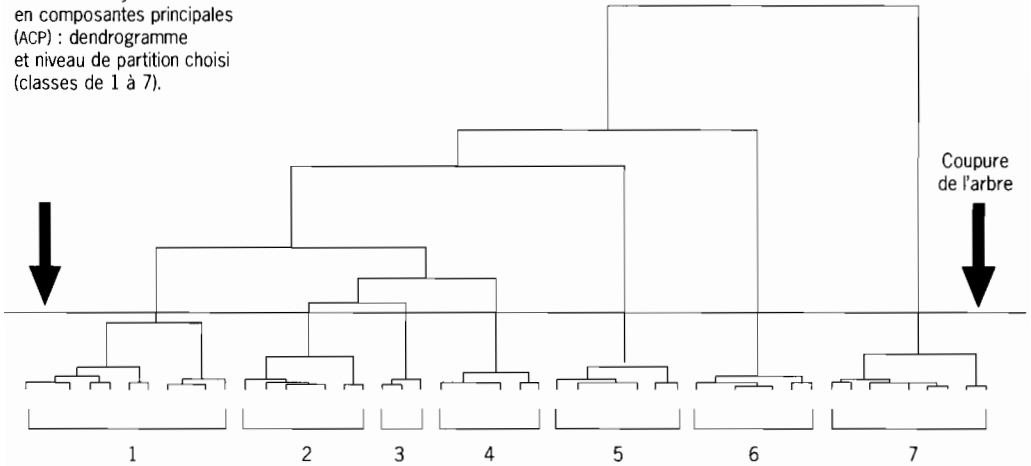
Tactiques de pêche identifiées à partir des profils spécifiques des captures

Les résultats de l'ACP réalisée sur l'ensemble des débarquements échantillonnés sont présentés dans le tableau 4. Les valeurs propres donnent le pourcentage d'inertie exprimé par chaque axe factoriel. Les quatre premiers axes expliquent 67 % de la variance totale, cela signifie que les débarquements forment un ensemble assez bien structuré.

Tableau 4 - Valeurs propres de l'ACP réalisée sur les débarquements.

Axes	Valeurs propres	Pourcentages	Pourcentages cumulés
1	144,4	26,6	26,6
2	93,4	17,2	43,8
3	74,1	13,6	57,4
4	52,8	9,7	67,1
5	39,6	7,3	74,4
6	37,6	6,9	81,4
7	32,8	6	87,4
8	26	4,8	92,2
9	23,3	4,3	96,5
10	8,3	1,5	98

Figure 3
Classification
des débarquements selon
leurs coordonnées
factorielles sur les 7 premiers
axes de l'analyse
en composantes principales
(ACP) : dendrogramme
et niveau de partition choisi
(classes de 1 à 7).



Le dendrogramme montre la partition optimum en 7 classes (fig. 3). Un nombre de classes inférieur à 7 amènerait un regroupement trop grand dans les débarquements et, inversement, aucune information supplémentaire n'est offerte avec un plus grand nombre de classes.

La classe 1 regroupe 64 sorties (tab. 5). Elle est définie par plusieurs espèces, le listao, le thon noir (catégorie TN1) et l'auxide (*Auxis thazard*) capturées sous DCP. Elle se caractérise par son faible pourcentage de thon noir de la catégorie TN2. On note que les espèces qui contribuent le plus à la formation de cette classe sont de faible taille. En effet, les thons noirs appartiennent à la catégorie TN1, la majorité des listaos capturés a une taille inférieure à 38 cm et l'auxide est, quant à lui, un poisson pélagique de petite taille. La classe 2 représente 59 sorties qui se sont soldées principalement par la capture d'albacores (catégorie de TA2 et TA3) ou de marlins bleus sous DCP. Ce groupe est également défini par son faible pourcentage de thons noirs (catégorie TN2). La classe 3 (14 sorties) caractérise les sorties ayant produit quasi exclusivement des thazards serras. La classe 4 (36 sorties) se caractérise essentiellement par la capture d'une seule espèce, le thazard bâtard.

La classe 5 (49 sorties) est surtout caractérisée par la production de dorades coryphènes et par la faible proportion de thon noir appartenant à la catégorie TN2. De plus, ces sorties s'identifient par une faible fréquentation des DCP. Pour la classe 6 (43 sorties), on retrouve un résultat similaire à la classe 5 mais caractérisé par la production de barracudas. La dernière classe (94 sorties) regroupe les débarquements ayant un fort pourcentage de thon noir de la catégorie TN2 et des pêches surtout réalisées autour des DCP. Elle est également définie par les faibles proportions de dorades coryphènes, de barracudas et de thazards bâtards.

Tableau 5 - Classification des débarquements d'après leurs coordonnées factorielles sur les 4 premiers axes de l'analyse en composantes principales (ACP) : expression des valeurs test.

Classe	1		2		3		4		5		6		7	
Effectif	64		59		14		36		49		43		94	
Valeur test	Variable discriminante	Valeur test	Variable discriminante	Valeur test	Variable discriminante	Valeur test	Variable discriminante	Valeur test	Variable discriminante	Valeur test	Variable discriminante	Valeur test	Variable discriminante	
13.33	<i>Katsuwonus pelamis</i>	10.10	<i>Thunnus albacares</i> , TA3	18.23	<i>Scomberomorus cavalla</i>	16.67	<i>Acanthocybium solandri</i>	17.94	<i>Coryphaena bippurus</i>	18.2	<i>Sphyræna barracuda</i>	17.51	<i>Thunnus atlanticus</i> , TN2	
12.35	<i>Thunnus atlanticus</i> , TN1	7.7	<i>Thunnus albacares</i> , TA2					5.48	Consommation	4.81	<i>Elagatis bipinnulata</i>	3.77	DCP	
6.47	<i>Auxis thazard</i>	7.47	<i>Makaira nigricans</i>	-2.57	<i>Thunnus albacares</i> , TA2	-2.49	<i>Thunnus atlanticus</i> , TN1			3.24	Puissance			
6.75	DCP	2.82	DCP	-3.72	DCP	-2.61	<i>Thunnus atlanticus</i> , TN2	-2.69	<i>Sphyræna barracuda</i>			-2.48	<i>Thunnus albacares</i> , TN3	
3.3	<i>Thunnus albacares</i> , TA1							-3.09	<i>Thunnus atlanticus</i> , TN1	-2.5	<i>Acanthocybium solandri</i>	-2.51	<i>Scomberomorus cavalla</i>	
2.57	<i>Euthynnus alletteratus</i>	-2.98	<i>Thunnus atlanticus</i> , TN1					-3.43	<i>Katsuwonus pelamis</i>	-2.58	<i>Thunnus atlanticus</i> , TN1	-4.18	Consommation	
		-3.21	<i>Katsuwonus pelamis</i>					-4.64	<i>Thunnus atlanticus</i> , TN2	-2.84	<i>Coryphaena bippurus</i>	-4.2	<i>Sphyræna barracuda</i>	
-2.8	Consommation	-3.22	<i>Sphyræna barracuda</i>					-5.44	DCP	-3.2	<i>Katsuwonus pelamis</i>	-4.42	<i>Acanthocybium solandri</i>	
-3.51	<i>Sphyræna barracuda</i>	-3.27	<i>Coryphaena bippurus</i>							-4.04	<i>Thunnus atlanticus</i> , TN2	-4.59	<i>Coryphaena bippurus</i>	
-3.57	<i>Coryphaena bippurus</i>	-4.71	<i>Thunnus atlanticus</i> , TN2							-6.52	DCP	-5.43	Consommation	
-3.64	<i>Acanthocybium solandri</i>													
-4.63	<i>Thunnus atlanticus</i> , TN2													

L'ACP et la classification réalisées sur l'ensemble des débarquements mettent en évidence trois grands types de sorties (la pêche sous DCP, la pêche « à Miquelon » et la pêche sur les hauts-fonds) réparties en sept classes.

La pêche sous DCP se répartit en trois classes en fonction des captures. La classe 1 caractérise les sorties où seuls des petits individus sont capturés grâce à la ligne de traîne de surface. La classe 2 englobe les sorties où de gros poissons ont été capturés grâce à la technique de la pêche au « bidon ». Quant à la classe 7, elle regroupe toutes les autres sorties sous DCP qui sont caractérisées notamment par la capture de thons noirs mesurant environ 50 centimètres.

Les classes 4 et 5 regroupent les sorties de pêche « à Miquelon » (recherche d'épaves dérivantes). Une alternative explique l'existence de ces deux classes. Si des dorades sont présentes, le pêcheur concentre son effort pour les capturer. Il délaisse alors les autres poissons. De ce fait, les thazards bâtards sont peu représentés dans ces sorties (classe 5). En absence de dorades sur l'épave, le pêcheur capture essentiellement les thazards bâtards (classe 4).

Les classes 3 et 6 regroupent les pêches sur hauts-fonds. Le pêcheur cible deux espèces différentes : le thazard serra est l'espèce cible de la classe 3, le barracuda est celle de la classe 6. Des techniques de traîne différentes permettent de cibler l'une des deux espèces.

Ces différentes classes sont bien représentées sur le premier plan factoriel (fig. 4). Le premier axe représente la pêche sur DCP. La partie positive du deuxième axe correspond à la pêche sur les hauts-fonds, la partie négative à la pêche sur épaves dérivantes. Toutes les sorties sont également représentées sur le premier plan factoriel (fig. 5). La position de chacune de ces sorties sur le plan est donc uniquement fonction de la composition spécifique de la capture. Quand le lieu de pêche d'une sortie est connu, un symbole est utilisé. Certains points placés « anormalement » par rapport aux autres peuvent avoir plusieurs significations.

Figure 4
Position des classes
sur le premier plan factoriel
de l'ACP.

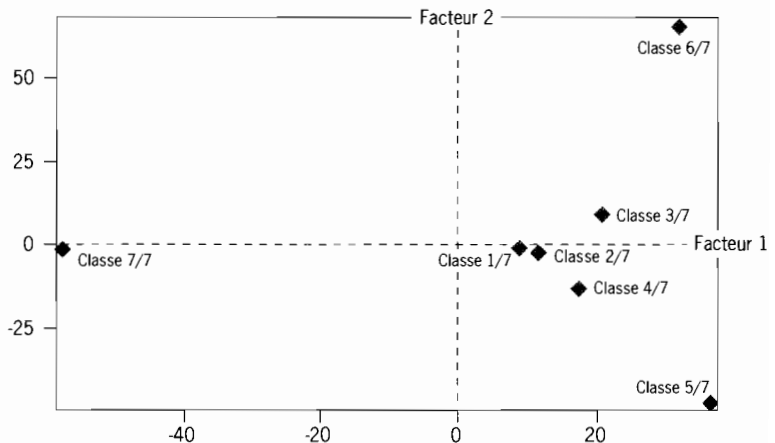
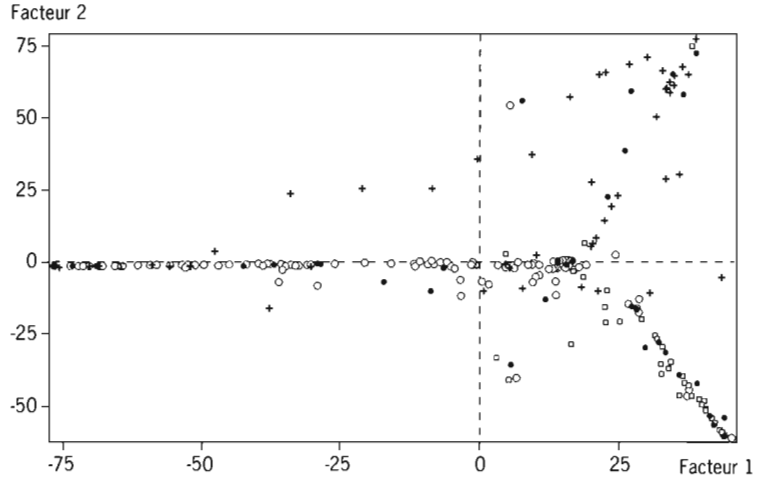


Figure 5
Analyse
en composantes principales
des débarquements :
○ sortie sous DCP,
+ sortie sur un haut-fond,
□ pêche sur un objet dérivant
● sortie non connue.



La sortie a été mixte, le pêcheur a pêché sous le DCP puis, en rentrant, a trouvé une épave ou a tout simplement capturé quelques poissons généralement peu présents sur un lieu de pêche.

Discussion

La méthode d'analyse proposée permet d'inférer les tactiques adoptées par les pêcheurs à chaque sortie à partir des seules données de débarquements sans indication sur les lieux de pêche. Ce résultat est une première étape à partir de laquelle une dynamique de la pêcherie peut être mise en évidence. Par la suite, une nouvelle base de données pluriannuelle pourrait être élaborée en identifiant les unités de pêche concernées. Une analyse factorielle de type AFM opérée sur cette nouvelle base permettrait de mettre en évidence l'évolution des tactiques de pêche en Martinique et donnerait une indication objective de l'adoption du DCP.

Les résultats sur les fréquences de tailles montrent une influence particulière des DCP sur les thonidés. Les DCP ancrés favorisent la capture des individus de petites tailles (entre 20 et 40 cm). En effet, pour les trois espèces (albacore, thon noir et listao), une classe de taille composée d'individus de 20 à 40 cm est bien représentée dans les captures alors qu'elle est quasiment absente dans les captures hors DCP. Le DCP favorise donc la concentration des juvéniles en un lieu où les pêcheurs sont nombreux. Cette caractéristique des DCP, dérivants ou ancrés, à concentrer efficacement des juvéniles est connue depuis longtemps (Fonteneau & Hallier, 1996). Toutefois, l'impact halieutique de ces captures de juvéniles reste limité en Martinique car il s'agit d'une exploitation effectuée par une flottille de proximité composée d'un faible nombre d'unités (environ 1 000 yoles). De plus, le poids économique et social de la pêche est fort et la valorisation des produits est élevée.

Ces observations de juvéniles de thons autour des DCP posent deux questions. Sont-ils arrêtés dans leur migration par les DCP ? Les DCP ont-ils permis de révéler cette présence autour de l'île ? Pour le thon noir, la deuxième hypothèse semble la plus probable ; elle concorderait avec la présence d'une zone de ponte aux Petites Antilles (Taquet *et al.*, 1998). Pour l'albacore, aucune des deux hypothèses n'est à rejeter au stade actuel des connaissances. Néanmoins, la présence de petits individus (taille inférieure à 30 cm) conduit à faire l'hypothèse d'une zone de ponte autour ou proche de l'arc antillais. Si cette zone est importante en étendue et en production de juvéniles, ce qui reste à vérifier, l'hypothèse d'un stock unique d'albacore pour l'Atlantique pourrait être remise en cause (Fonteneau, 1993).

Le DCP permet d'accéder à une partie des poissons pélagiques présents à proximité de l'île mais qui ne se trouvent pas sur les lieux de pêche traditionnels (hauts-fonds). Le marlin et le gros albacore sont des poissons qui sont exclusivement pêchés autour des DCP. Avant leur implantation, les débarquements de ces poissons étaient très faibles et limités à une courte période (2 mois). Sans DCP, ces poissons sont « dilués » dans l'espace océanique et il est difficile pour les pêcheurs locaux de les cibler et de les capturer. Dans le cas présent, le DCP est un moyen d'accès à une partie de la ressource jusque-là inaccessible.

Les quantités capturées restent faibles pour les gros albacores. On peut penser que les techniques employées ciblent mal ces individus et que les quantités débarquées sont donc peu représentatives de leur présence dans la région. Dans le cas du thon noir, les campagnes expérimentales de pêche à la palangre autour des DCP martiniquais ont permis de constater que de gros individus sont présents sous DCP, mais qu'ils sont peu pêchés par les professionnels. Les techniques de pêche employées ne sont pas adaptées à la capture de ces gros individus. Un transfert de l'effort de pêche des petits individus vers les plus gros permettrait, sans doute, d'optimiser l'exploitation en termes de rendement par recrue.

L'importance du DCP pour la pêche en Martinique est indéniable, même s'il est difficile d'obtenir des données exhaustives. Dans certains endroits de l'île (Nord-Caraïbe), les captures proviennent quasi exclusivement des DCP. Mais, comme le montrent les résultats de classification, d'autres techniques perdurent et n'ont pas été abandonnées au profit de la pêche sous DCP. Malgré le risque économique lié à la recherche d'objets flottants ou de bancs libres, les pêcheurs trouvent encore un intérêt à pêcher « à Miquelon ». En effet, sous les épaves où les poissons sont très vulnérables, la possibilité de réaliser des pêches exceptionnelles (jusqu'à 500 kg) pousse encore les pêcheurs à adopter cette tactique de pêche que l'on pourrait qualifier du « tout ou rien ». De plus, une espèce comme la dorade coryphène, qui est très prisée, se capture principalement « à Miquelon ». À l'inverse, sous le DCP, les poissons sont plus difficiles à capturer. La pêche sous DCP nécessite, de la part de ceux qui la pratiquent, une bonne maîtrise des techniques. Néanmoins, de plus en

plus de pêcheurs acquièrent ces techniques, constatant que la pêche sous DCP permet des apports plus stables et une rentrée d'argent plus régulière et plus étalée sur l'année.

Sous ou autour des épaves dérivantes, des dorades et des thazards bâtards sont principalement capturés mais peu de thons. Pourtant, ces épaves correspondent à des DCP naturels dérivants comparables à ceux qui sont exploités par les senneurs industriels. Les pêcheurs martiniquais pratiquent une pêche de surface à proximité de ces épaves, c'est peut-être ce qui explique que les thons y soient peu capturés. Une meilleure connaissance de ces épaves et des quantités de poissons agrégées permettrait de mieux les exploiter, en modifiant les techniques de pêche employées jusqu'à présent. L'utilisation de l'acoustique est une voie pour mieux connaître la structure des bancs qui s'agrègent sous les épaves dérivantes (Josse *et al.*, 1998).

L'apport des DCP dans la pêcherie est démontré. Par contre, il est difficile de dire si l'un des objectifs initiaux annoncés lors de l'implantation des DCP est atteint, à savoir la diminution de l'effort de pêche sur le plateau. Cette question reste en suspens. En effet, certains pêcheurs indiquent qu'ils fréquentent rarement les DCP. D'autres disent s'être réellement lancés dans la pêche depuis que les DCP existent. Il reste donc à engager un suivi de la pêche sur le plateau insulaire pour connaître l'impact réel du DCP. Actuellement, il est difficile de savoir si l'effort de pêche sur DCP provient d'un transfert de l'effort de pêche du plateau.

Conclusion

La comparaison des captures de grands poissons pélagiques en Martinique, avec ou sans DCP, a permis de mettre en évidence la complémentarité des différents métiers. En effet, certaines espèces sont capturées par la traîne côtière (thazard serra et barracuda), alors que d'autres sont pêchées par la traîne au large (dorade coryphène et thazard bâtard). La pêche sous DCP permet quant à elle de développer l'exploitation de gros albacores et du marlin bleu. Même si les DCP sont exploités par une flottille de proximité ayant une capacité de pêche limitée en regard de l'importance des stocks concernés, il faut noter que ces dispositifs favorisent la capture d'espèces considérées comme déjà fortement exploitées dans l'Atlantique (marlin bleu). Il convient donc d'être vigilant sur le développement des pêches de certaines espèces et de mettre en place une collecte de données statistiques afin d'affiner les évaluations de stocks.

La capture de juvéniles est favorisée par le développement des DCP ancrés. Ces captures sont exclusivement réalisées avec la traîne de surface. L'expérimentation de techniques de pêche plus sélectives hors et sous DCP est une voie à suivre pour n'exploiter que les poissons adultes.

Économiquement, une pêche plus sélective ne devrait pas poser de problèmes car les juvéniles ne représentent qu'une faible part du poids des captures débarquées alors que leur nombre est grand. Cette recherche de techniques plus sélectives impose d'améliorer les connaissances sur le comportement des poissons agrégés autour des DCP. Un tel travail permettrait de connaître le déplacement des poissons autour des dispositifs au cours de la journée et les heures durant lesquelles ils s'alimentent. Le marquage de poisson permettrait de répondre à ces questions tout en améliorant les connaissances sur le mécanisme de l'agrégation.

Références bibliographiques

- Fonteneau A., 1979. Croissance de l'albacore (*Thunnus albacares*) de l'Atlantique Est. Recl. Doc. Sci. ICCAT, 9(1), 152-168.
- Fonteneau A., 1993. L'albacore de l'Atlantique : structure et état du stock. Pêche Marit., 1378, 434-438.
- Fonteneau A., Hallier J.-P., 1996. Fishing for tuna around floating objects. FAD, 2, October.
- Guillou A., Lagin A., 1997. Engins et techniques de pêche de la Martinique. Rapp. Intern. Ifremer Martinique, Dvr/rh 97-10, 215 p.
- Josse E., Bach P., Dagorn L., 1998. Simultaneous observations of tuna movements and their prey by sonic tracking and acoustic surveys. Hydrobiologia, 371/372, 61-69.
- Sacchi J., Lagin A., 1985. Implantation de dispositifs de concentration de poissons pour la pêche artisanale en Martinique. Note interne ISTPM, Le Robert, Martinique, 8 p.
- Spad 3.5, 1987. Système portable pour l'analyse des données. Centre international de statistique et d'informatique appliquées, Sèvres, France.
- Taquet M., Guillou A., Rageot O., Maguer C., Lagin A., 1998. Grands pélagiques : biologie et optimisation de l'exploitation dans les eaux proches de la Martinique. Rapport final de convention Ifremer-Conseil régional de la Martinique, 96/241, 82 p. + annexes.
- Ward J.H., 1963. Hierarchical grouping to optimize and objective function. J. Amer. Stat. Assoc., 58.

The skipjack fishery in Eastern Indonesia: distinguishing the effects of increasing effort and deploying rumpon FADs on the stock

Daniel R. Monintja⁽¹⁾, Christopher P. Mathews⁽²⁾

(1) Fakultas Perikanan, Institut Pertanian Bogor, Indonesia

(2) Marine Science and Fisheries Centre, PO BOX 467, Post Code 113, Muscat, Sultanate of Oman

Abstract

Rumpons, (FADs) were widely deployed in Indonesia in the eighties. In the Halmahera area, rumpon increased CPUE by 41% , landings of fish per ton of live bait increased by 24%, the consumption of diesel oil for tuna catches reduced by 46%, and profits increased from Rp 10 to 60 million by boat per year¹. Tuna aggregation around rumpon increased catchability by more than 40% compared to free swimming tuna. The Halmahera skipjack fishery was assessed by combining catch and effort data from rumpon and pre-rumpon areas of the fishery, and showed that controlled effort could increase landings of approximately 15,000 t per year. Tagging data show that the Halmahera skipjack fishery is probably supported by a local unit stock. Philippine rumpons (payaos) were fished with small mesh purse seine and ring nets fishing small sized tunas 12-35 cm FL (40-50% of landings) and caused recruitment overfishing. Indonesian rumpons were fished with pole-and-line causing neither recruitment nor growth overfishing.

Introduction

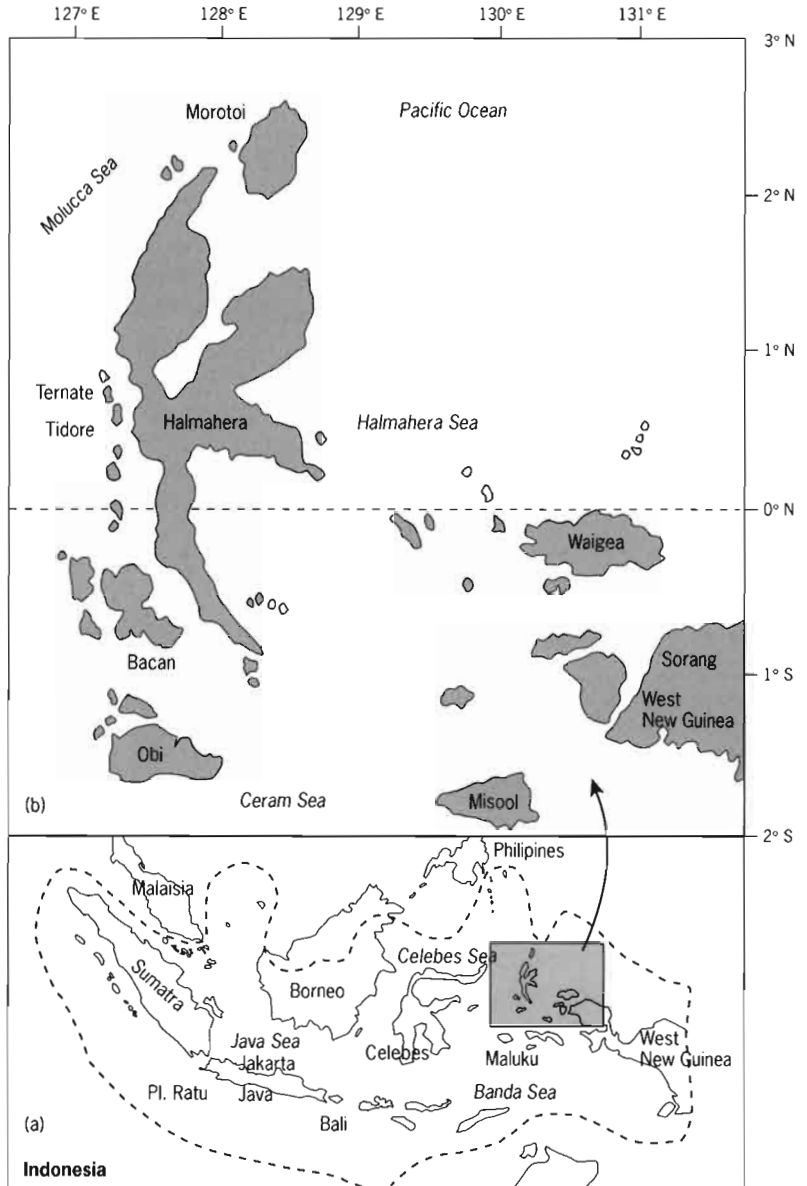
Many kinds of rumpon, or Fish Aggregating Devices (FADs), have been used traditionally in eastern Indonesian waters (Reuter, 1938; Nasution *et al.*, 1986) and in the Philippines (Aprieto, 1988a, b, c, d, 1990, 1991, 1994). Rumpons currently take large and small pelagic fish in the Philippines (Aprieto, 1990, 1991, 1994) and in Indonesia (Monintja, 1993).

Rumpons were traditionally constructed with palm fronds and locally harvested wood and fibres, and were placed in fairly shallow, inshore coastal waters (<50 m deep). Since the mid 1980s, they have also been constructed with polypropylene and polyethylene mooring lines, cement and other types of anchors and with other industrial materials of Indonesia. Monintja (1993) described ten different types of rumpon from Indonesia and more than 20 types from around the world.

1. US\$1.00 = Rp 1,000-2,000 in the 1980s.

New and larger rumpons were installed in Ternate, Tidore, Bacan and Sorong in waters around Halmahera and in the Halmahera Sea, in December 1984 (fig 1).

Figure 1
 (a) Map of Indonesia; the box shows the area covered in figure 1b.
 (b) Maluku Islands showing the study area, the main study area and the surrounding seas.



Rumpons cause overfishing through increasing vulnerability and accessibility of fish to various types of gear (de Jesus, 1982; Aprieto & Ganaden, 1985). They act analogously to artificial reefs, which are now

regarded as FADs placed more permanently on the bottom, increasing the proportion of a stock taken by fishermen without increasing recruitment. Where stocks are fished around maximum sustainable yield (MSY), installation of FADs or artificial reefs will lead to economic and biological overfishing (Munro, 1996).

Rapid deployment of rumpon in the Halmahera area raised questions about:

- effects on landings caused by fish aggregating around rumpon;
- increasing effort on stocks caused independently of rumpon.

This paper attempts to dissect these effects and to identify rumpon deployment on effort, so as to facilitate assessments.

Large-scale rumpon-based fishing was introduced into Indonesia by the government owned but commercially operated PT Usaha Mina company (PTUM), together with Nucleus Estate Small Holder (NES) which employ local fishermen, encourage cooperatives and combine to stimulate growth of artisanal fisheries in unexploited areas (Niki-juluw, 1994).

Material and methods

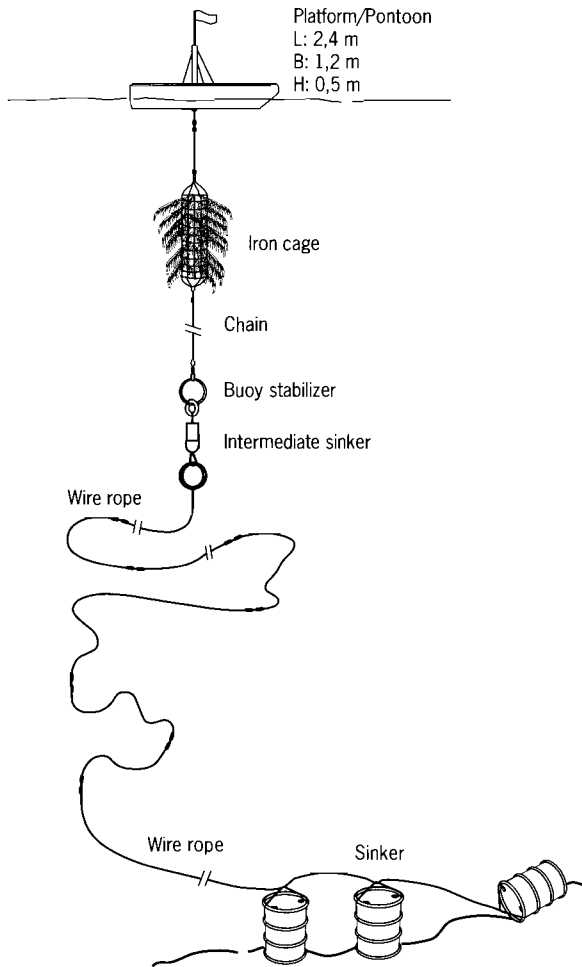
The standard PT Usaha Mina rumpon was the main kind used in this study (fig. 2; Monintja, 1993). Catch and effort data were supplied by PTUM which used a standard 35 GT pole-and-liner effort expended by PTUM are unbiased by changes in fishing power or technology over the study period. Live bait, mainly *Stolephorus* spp., was used. No purse seining occurred.

Data were obtained on the structure and operations of 108 rumpoms located near Bacan, Tidore, and Ternate off Western Halmahera (Maluku) and off Sorong, Waigeo and Gag (Irian Jaya; fig. 1a). Date, position, date of installation and estimated loss were recorded. Catch data were provided for each type of gear used around each rumpon by PTUM. Effort and catch data were also obtained from PTUM and local fishery service officials for a total of 405 rumpoms deployed in Indonesia.

Catch per unit effort (CPUE) was calculated for Halmahera standard PTUM boats in the pre-rumpon area (1980-1984) and the rumpon area (1985-1989).

Skipjack CPUE, size frequencies and distance of each set from rumpon were obtained in 1989 during commercial fishing around 108 rumpoms at Bacan, Tidore and Ternate Islands located west of Halmahera Island. Economic data were obtained in 1987 by interviewing 44 out of 189 skippers. Resulting data were used in a multiple regression study of the factors that influence net profitability, which was estimated for each boat using a tailor-made program available from the Faculty of Marine Fisheries, Tokai University, Japan.

Figure 2
Structure of the rumpon
(FAD) used by PT Usaha Mina.



Results

A total of 405 rumpons were deployed in areas ranging from West Sumatra to Irian Jaya covering a 2,000 nautical miles range; 287 rumpons (71%) were installed in the Halmahera area. On the 405 rumpons deployed in 1987, 215 (53%) were lost in 1989. Rumpons deployed in less exposed eastern waters survived longer.

Survival time of rumpons (n = 98) decreased with increasing depth, falling from 8.0 months (in waters 0.44-0.88 km deep), to 7.4 months (0.88-1.76 km deep), 6.24 months (1.76-2.64 km deep) to only 3.9 months (2.66-3.59 km deep). Heavier wave action, faster winds and currents, and perhaps shark bite, led fishermen to prefer shallower localities and may have shortened the life time of more exposed rumpons.

Survival time ($n = 108$) was also influenced by the kind of mooring line: 24 mm polyethylene line lasted a mean of 7.3 months ($n = 52$) compared to 16 mm polyethylene (6.0 months, $n = 20$), and 18 mm and 16 mm polypropylene lines (6.9 months, $n = 17$; 6.5 months, $n = 19$). The time needed for fish to occupy a newly deployed rumpon ranged from 5 to 64 days. Mean survival time varied from 24.5 days (95% confidence intervals - 95% CI = 15-34; $n = 17$) in Sorong, to a mean of 10.3 (95% CI = 7.6-13.0, $n = 14$) in Bacan. The time required for tuna, to appear around rumpon was short compared to the time needed for fish to grow to the observed large sizes (at least one year for small tuna). The corollary is that rumpions are unlikely to increase recruitment, and may affect tuna distribution and abundance in neighbouring areas. Skipjack mature at sizes more than 40 cm FL in the Philippines (Aprieto, 1994) and Indonesia (Suhendrata & Wahyno, 1987) and from 40-45.4 cm FL in Papua New Guinea, USA, Philippines and Indonesia (Tandog-Ednalin *et al.*, 1990). Figure 3 includes the Indonesian minimum size at maturity: only mature skipjack aggregated around rumpions. Yellowfin mature at similar or slightly larger sizes than skipjack (> 50 cm FL; Collette & Nauen, 1983). Most yellowfin taken around rumpions were approximately more than 40 cm FL. Skipjack CPUE fell markedly with increasing distance of the set from the rumpon (tab. 1).

Figure 3
Length frequency distributions of skipjack tuna taken at different distances from rumpon located on the Bacan fishing grounds. A: 0-500 m. B: 501-1,000 m. C: 1,001-5,000 m. D: >5,000 m. Arrows indicate size at first maturity.

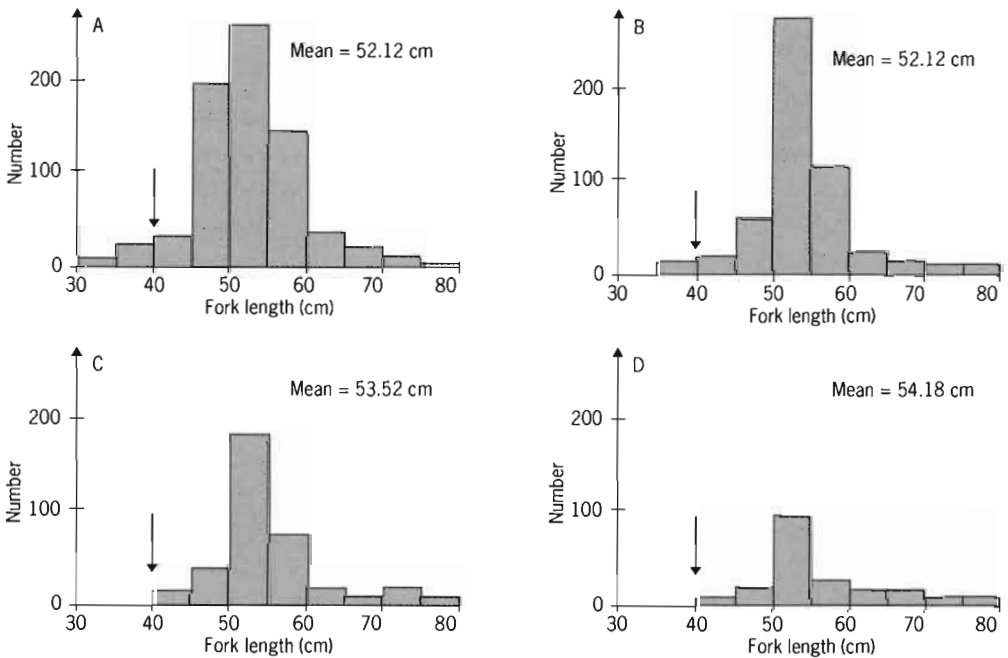


Table 1 - Effects of increasing distance (m) from the rumpon on catch rates of skipjack. Catch rates are in t/h of actual fishing time, i.e. from dropping the net to completion of the set. Most sets lasted less than one hour, many less than half an hour.

Distance from rumpon	Mean catch rate (t/h)	95% CI	Sample size
< 500	12.132	42.04	27
> 500-1,000	9.048	22.73	27
> 1,000-5,000	6.007	27.90	27
> 5,000	2.552	17.35	27

Capture time and distance from rumpon affect CPUE (fig. 4). Higher rates (1-12 t/h) occurred from 6 am to 10 am (n = 56 out of 76 observations) mostly <1,000 m from rumpon. Lower catch rates (1-4 t/h) occurred from 11 am to 5 pm (n = 19 out of 76), ca 1,000 to over 5,000 m from rumpon. Effort is targeted towards the morning hours when skipjack are more active. Figure 4 also suggests that there may be a much weaker afternoon peak (ca 3.0-4.0 t/h) from 3 pm to 5 pm.

Table 2 summarises landings and effort from different fleets in Sorong, Halmahera and Bacan waters. Total effort (days/year) in company boat expended on the skipjack stock each year was estimated by dividing company CPUE into total skipjack landings from all fleets (tab. 2, column j). The Wilcoxon rank sum test showed that CPUE ranks for pre-rumpon and rumpon areas were 16 and 39 respectively, with $T_{0,05} = 19,35$: CPUEs during the two areas were also significantly different. Mean landings were also significantly higher ($T_{0,05}$).

The ratio of the mean $CPUE_x = 1.0074$ (x denotes the rumpon area CPUE) to $CPUE_y = 0.7170$ (y denotes the pre-rumpon area CPUE) was: $1.0074/0.7170 = 1.41 = CPUE_x/CPUE_y$

Rumpon area catches were higher than pre-rumpon catches (tab. 2, column i): rumpon increased landings at the comparable effort levels.

Figure 4
Relation between catch rates (t/h), distance from the rumpon, and time of day, for skipjack caught around rumpions on the Bacan fishing grounds. Most sets lasted less than 1 h, and many sets were unsuccessful. Only successful sets were included in the analysis. The different histogrammes indicate the distance of capture from the rumpon.

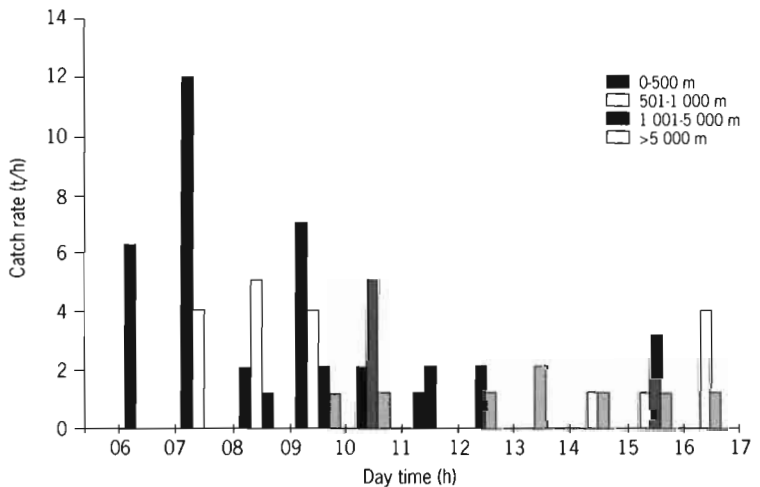


Table 2 - Data on skipjack landings, effort and catch per unit effort for boats operating in the Halmahera Sea rumpon fishery. Standard boat: 35 GT pole-and-liner; effort: boat.day/year; catch in t/year, whole fresh fish; CPUE/catch per unit effort: t/boat.day/year

Standard unit effort: boat.day/year; total effort for all fleets combined, in standardized unit effort.

1980-1984: Pre-rumpon area. 1985-1989: Rumpon area.

Year	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k
	Landings			Effort			Landings			Total effort	
Company	NES	Subtotal	Effort	Effort	CPUE	Artisanal	Other	Total	Total	Adjusted	
t/yr	t/yr	t/yr	(C + NES)	(C + NES)	t/bt.day/yr	t/yr	t/yr	Landings	(unadjusted)	bt.day/yr	bt.day/yr
		a + b	boat.days/yr	boat.days/yr	(a/effort)			t/yr	bt.day/yr	i/f	
			(non rumpon)	(rumpon)				c + g + h			
1980	3 696		3 696	5 746		0.6432	709	2 637	7 042	10948	7 764
1981	3 574		3 574	4 680		0.7637	275	2 125	5 974	7 823	5 548
1982	2 462		2 462	4 192		0.5873	1 219	2 842	6 523	11 107	7 877
1983	3 844		3 844	4 161		0.9238	986	2 375	7 205	7 799	5 531
1984	2 368		2 368	3 551		0.6669	1 207	1 400	4 975	7 460	5 291
1985	4 105		4 105		3 732	1.0999	2 366	857	7 328	6 662	6 662
1986	3 404	2 102	5 506		3 464	0.9827	3 227	1 143	9 876	10 050	10 050
1987	2 859	6 858	9 717		3 362	0.8504	3 350	1 350	14 417	16 953	16 953
1988	2 501	6 471	8 972		2 273	1.1003	2 393	1 262	12 627	11 476	11 476
1989	2 297	6 755	9 052		2 288	1.0039	2 490	1 470	13 012	12 961	12 961

NB: Mean CPUE from 1980-1984: 0.7169 t/boat.day; mean CPUE from 1985-1989: 1.0074 t/boat.day. Ratio: 1.0074/0.7169 = 1.405. Total adjusted effort was calculated for non-rumpon years: k = j/1.41. For rumpon no adjustment was needed (see text).

The number of boat per day in the pre-rumpon and rumpon areas were not significantly different ($p = 0.285$) while the regressions of total catch on total effort for the two areas were significantly different from zero ($p < 0.05$) but not from each other ($p > 0.05$).

However, rumpon affected skipjack behaviour: aggregation around rumpon increased skipjack accessibility and vulnerability, and presumably increased catchability, by increasing the fraction of the stock removed per unit effort. A standard boat captured 1.00 t/day in the pre-rumpon area and 1.41 t/day in the rumpon area. Total pre-rumpon effort (tab. 2, column j) was therefore converted to rumpon area effort (tab. 2, column k) as follows:

Pre-rumpon effort (boat per day)/1.41 = effort in rumpon area boat per day. This procedure converts pre-rumpon effort data (tab. 2, column j) into rumpon area effort units, producing homogeneous effort units over the whole time series (column k). These adjusted data were therefore used in the assessment.

Changes in CPUE caused by introduction of rumpon have other effects:

- mean fuel consumption fell from 0.869 t of diesel oil/t of skipjack landed during the pre-rumpon area to 0.467 t/t of skipjack during the rumpon area (tab. 3) giving a reduction in fuel consumption of 0.402 t oil/t of skipjack (53.8% of the pre-rumpon area). This provided a mean cost reduction of US\$ 65/t compared to ex-vessel skipjack prices of US\$ 130-420/t (Nikijuluw, 1994);

- rumpon also reduced live bait consumption from 26.9 t of skipjack/t of bait (pre-rumpon) to 33.0 t of skipjack/t of bait (rumpon area, tab. 4). The Halmahera skipjack stock was assessed by fitting catch and effort data (tab. 2, column k) using Genprod, Prodfit (Hall, 1988) and Climprod (Fréon *et al.*, 1992), who provide slightly different fitting routines. The best fit gave an MSY of *ca* 32,500 t/year at 61,000 boat.days/year with catchability = 0.000353. Estimates of MSY and optimal effort varied by 9,500 t/year and 20,000 boat.days/year because of the different fitting routines and the narrow effort range. Modelling showed that the stock can provide greater landings than those observed in 1989, but assumed that Halmahera skipjack belong to a unit stock (see below).

Multiple regression analysis was applied to data from interviews with skippers ($n = 44$) in three different areas:

- Tidore where boats were owned and operated by independent fishermen, fishing without rumpon;
- Ternate where fishermen owned boats and market their catch, but fished around rumpions provided by the government;
- Bacan where PTUM (a government owned, private sector company) operated boats with company managed rumpions, and marketed the catch.

Table 3 - Comparison of the catch (c) and fuel consumed (fc) before and during rumpon period. Catches and fuel consumed are given in t/year; fc/c: t of skipjack/t of fuel/year.

Year	Non-rumpon period			Year	Rumpon period		
	c	fc	fc/c		c	fc	fc/c
1980	3,696	3,149	0.8520	1985	4,105	2,363	0.5756
1981	3,574	3,005	0.8408	1986	5,506	2,592	0.4708
1982	2,462	2,577	0.0467	1987	6,717	2,865	0.4265
1983	3,844	2,708	0.7045	1988	8,972	3,724	0.4151
1984	2,368	2,204	0.9307	1989	9,053	4,079	0.4506
Mean fc/c = 0.8689				Mean fc/c = 0.4677			
SD = 0.1279				SD = 0.0640			

Wilcoxon's rank sum test. $R_1 = 40$, $R_2 = 15$, $T_{0.05} = 19.36$

Table 4 - Comparison of the catch (c) per live bait consumption (b) before and during rumpon period. Catch: t/year; bait consumption: t/year; c/b: (t of skipjack/year)/(t of baitfish/year)

Year	Non-rumpon period			Year	Rumpon period		
	c	b	c/b		c	b	c/b
1980	3,696	128.6	28.7	1985	4,105	114.2	36.0
1981	3,574	121.7	29.4	1986	5,506	159.4	34.5
1982	2,462	92.7	26.6	1987	6,717	225.6	29.8
1983	3,844	152.7	25.2	1988	8,972	245.9	36.5
1984	2,368	95.9	24.7	1989	9,053	307.4	29.5
Mean fc/c = 26.9				Mean fc/c = 33.3			
SD = 2.1				SD = 0.3			

Wilcoxon's rank sum test. $R_1 = 15$, $R_2 = 40$, $T_{0.05} = 19.36$

Data on the following factors were analysed. Factors used in the final analysis are shown in bold:

Y : Net profitability (Rp/boat/year)

X1 : Overall vessel size (m)

X2 : Engine power (HP)

X3 : Fuel consumption (t/boat/year)

X4 : Live bait used (kg/boat/year)

X5 : Fishing days/boat/year

X6 : Fishermen/boat/year

X7 : Operating costs (Rp/boat/year)

X8 : Total power (estimated by converting manpower to HP, using 1.0 manpower = 0.18 HP; Dalzell *et al.*, 1987)

X9 : Arbitrary (dummy) variable, assigned arbitrary values of 0.0, 0.5 and 1.0 defined as follows:

- X9 = 0.0: Tidore fleet (n = 14), skipjack fished without rumpon;

- X9 = 0.5: Ternate Island (n = 10), skipjack fished with privately owned boats and rumpions provided by government.

- X9 = 1.0: Bacan (n = 20), skipjack fished by boats and rumpions owned by PTUM.

Vessel size (varying by to less than 5 m) and operating costs (highly influenced by fuel consumption, $r = -0.4714$) were eventually excluded from the analysis.

Results of the stepwise multiple regression led to selection of only four factors, of which the last three were forced into the regression (which normally excludes all factors with $F < 4.0$):

Variable	Coefficient	Standard error	T	p
Y	-29.3784	18.1645	-1.6174	0.1141
X9	35.8385	9.3115	3.8488	0.0004
X4	4.8113	1.7557	2.7404	0.0093
X8	0.4654	0.3862	1.2048	0.2357
X3	0.3891	0.3591	1.0835	0.2854

Therefore:

$$Y = -29.3784 + 35.8385 \times X9 + 4.8113 \times X4 + 0.4654 \times X8 + 0.3891 \times X3$$

Y is expressed in million of Rp/year, negative values of Y showing losses.

The model is significant ($F_{4,38} = 5.1387$, $p = 0.0021$; $r^2 = 0.3510$).

However, only the first two variables (X9, the dummy variable for fishing grounds; and X4, baitfish consumed) have a strong effect on values of Y (net profitability). Using constant X4 = 5, X8 = 10 and X3 = 20 and with X9 varying from 0.00 to 1.00, Y (net profitability) varied as follows:

$$X9 = 0.0, Y = 7.107$$

$$X9 = 0.5, Y = 25.027$$

$$X9 = 1.0, Y = 42.949$$

Fishing without rumpon ($X9 = 0.00$) is less profitable than fishing with rumpon ($X9 = 0.5 - 1.0$). Fishing with company managed rumpoms ($X9 = 1.0$) is substantially more profitable than fishing with government organized rumpoms ($X = 0.5$), and very much more profitable than fishing without rumpon ($X9 = 0$).

The amount of bait used was positively correlated with profitability on all fishing grounds but varied counter-intuitively between fishing grounds. Data on steaming time, access to bait and other factors not studied may affect bait consumption, complicating this part of the analysis.

The presence/absence of rumpon is only one of many characteristics affecting fleet profitability. Nevertheless, deployment of rumpoms in a skipjack fishery clearly has a very significant positive effect on net profitability.

Discussion

Skipjack and yellowfin attracted to rumpon were substantially older and larger than those attracted to payaos in the Philippines. Aprieto (*op. cit.*) and Barut & Arce (1990) showed that small-mesh seine and ring nets take more than 90% of tuna caught around payaos (rumpoms) by "municipal"

boats (<3 GT). Municipal boats take predominantly immature 12-35 cm FL tuna, and land more than 50% of all Philippine skipjack and yellowfin tuna; therefore *ca* 40 to 50% of these species by volume are landed at *ca* 12-35 cm FL, causing recruitment overfishing (Aprieto, 1994).

Indonesian boats used pole-and-line and took negligible amounts of tuna of less than 40 FL (fig. 3). Rumpons did not cause recruitment overfishing in Indonesia because they were not fished with seine and ring nets. Surplus production modelling showed that catches could be increased, i.e. that growth overfishing had not yet occurred.

Depoutot (1987) fitted regressions to mean monthly CPUE_x (for tuna caught around FADs) and CPUE_y (for free-swimming tuna, i.e. without FADs) over several years. The regressions were significant ($p < 0.05$), while the slopes were not significantly different from each other:

Species	r	slope	95% CI of slope
Skipjack	0.61	1.58	0.74 - 2.34
Yellowfin	0.68	1.54	0.60 - 2.56

For skipjack, the overall mean CPUE_x was 37.0 fish per day, while CPUE_y was 25.3 fish per day, so that CPUE_x/CPUE_y was 1.46. This is very close to the value of CPUE_x/CPUE_y = 1.41 observed in the Halmahera skipjack fishery. This is gratifying because our study implicitly assumed that all differences between rumpon and pre-rumpon era CPUEs were due to increased catchability. Depoutot's estimates of CPUE_x and CPUE_y are synoptic and make no such assumption.

The ratio of CPUE_x/CPUE_y (*ca* 1.4) for skipjack is probably a function of biological interactions between skipjack and rumpon, depending on presently unknown details of skipjack behaviour and rumpon structure. Depoutot (1987) also noted that fishing around FADs reduced fuel consumption by about 25%: less than but comparable to the reduction in fuel consumption in Halmahera (46.3%). Fuel costs will be affected by steaming time and weather around Halmahera and Papeete, not described in either study.

Bait fish consumption varied between the Solomon Islands, Kiribati and Fiji, from 4.5 to 16.5 t/t/year compared to 26.9 t/t/year in the pre-rumpon area 33 t/t/year in the rumpon area. The Halmahera fishery used much less bait at all times, but was even more efficient when rumpons were deployed. Bait fish from the Pacific Islands included many species (e.g. *Enchrasicolina* spp., *Herklotsichthys* spp., *Apogon* spp.) not used in Eastern Indonesia, where preferred species appear to be easier to catch, perhaps because they are more abundant or accessible (Blaber *et al.*, 1992). The assessment succeeded in dissecting the effects on the stock of rumpon which:

- attract fish, increasing CPUE and catchability, and
- increase effort on the stock independently of the number of boats and the type of gear used.

The assessment assumed that Halmahera skipjack pertain to a unit stock. Tagging studies in Eastern Indonesia support this idea:

- Gafa & Subani (1987) tagged 2,664 skipjack in North Sulawesi waters and recaptured 66 fish, of which 50 were recaptured after a mean of 25.2 days at liberty and had moved less than 1.0 nautical miles. The remaining 16 skipjack moved from 12 to 223 nautical miles (mean 71.7 nautical miles) and were at liberty for a mean 184.9 days;
- Gafa & Subani (1987) tagged 4,850 skipjack and 2,702 yellowfin (total 7,532), out of which 1,294 were recaptured near their point of release. A few skipjack released near Waigeo Island and Ceram travelled up to 1,300 nautical miles into the West Pacific, but most travelled less than 500 nautical miles. Out of 1,215 recaptures in Indonesian waters 1,138 (93.4%) were taken in the general area of their release (tab. 5);

Table 5 - Numbers of tagged tuna recaptured in different areas in Indonesia (from Gafa & Subani, 1987).

Release area	Number released	Waigeo Gag	Ceram Sea	Bacan	Tomini Bay
Waigeo and Gag Islands	4,716	966	6	5	0
Ceram Sea	1,854	32	36	23	4
Bacan	554	4	1	108	2
Tomini Bay	408	0	0	0	28
Total	7,532	1,002	43	136	34

- only 59 out of 7,532 (0.78%) of skipjack tagged in eastern Indonesian waters were recaptured outside of Indonesian waters. Out of 162 returns of fish tagged outside of, and recaptured in, Indonesian waters during the same period, 119 (73%) were recovered neighbouring Philippine and Papua New Guinea waters;

- Aprieto (1994) reported a large number of tag returns from the Philippine and Celebes Seas suggesting that skipjack populations in these areas show very little exchange of fish with each other or with the Halmahera stock.

The assessment presented here may provisionally be regarded as applicable to a stock that is largely confined to the Halmahera and Maluku Seas, perhaps because highly indented island coastlines located in several interdigitating localities discourage migration and provide abundant habitats.

Acknowledgements

The Directorate General of Fisheries and PT Usaha Mina provided necessary data. We are grateful to Fuad Cholik, Nurzali Naamin, Mohamad Badrudin, Nick Willoughby and Jurgen Saeger for helpful criticisms.

Bibliographic references

- Aprieto V.L., 1988a. An interview of the Philippine tuna fisheries. *In*: Proceedings of the seminar workshop on Philippine tuna and small pelagic fisheries: status and prospects for development. Zamboanga State College of Marine Science and Technology, 27-29 July 1988, Zamboanga City. Philippine Council for Aquatic and Marine Research.
- Aprieto V.L., 1988b. Aspects of management of artificial reefs for fisheries: status and prospects for development and management. September 1988, Penang, Malaysia. ASEAN/SP/88/GEN/8.
- Aprieto V.L., 1988c. The pelagic fisheries of the Lingayen Gulf. *Fish. Res. Philippines*, 13(1-2), 43-51.
- Aprieto V.L., 1988d. Expansion and modernization of the commercial tuna purse seine fleet: the Philippine situation. *In*: The fourth southeast Asian tuna consultative workshop, 22-24 August 1989, Bali, Indonesia. Indo-Pac. Tuna Program., FAO.
- Aprieto V.L., 1990. Tuna Fish Aggregating Device (FAD) in the Philippines. *In*: Symposium on artificial reefs and Fish Aggregating Devices as resource enhancement and fisheries management tools, 14-17 May 1990, Colombo, Sri Lanka, FAO.
- Aprieto V.L., 1991. The impact of Fish Aggregating Devices (FADs) in the Philippine tuna fishery. *Fish. J. Philippines*, 16(1-2), 43-62.
- Aprieto V.L., 1994. Philippine tuna fisheries: skipjack and yellowfin. University of the Philippines and Unesco, 75 p.
- Aprieto V.L., Ganaden R., 1985. A review of the Philippine tuna fishery. University of the Philippines, Visayas College. *Fish. J.*, 1(2), 39-59.
- Barut N., Arce F., 1990. The Philippine tuna fisheries: industry and research. *In*: Collective volume of working documents. Fourth southeast Asian tuna conference, 27-30 November 1990, Bangkok, Thailand.
- Blaber D., Milton A., Rawlinson N.J.F., 1992. Tuna baitfish in Fiji and Solomon Islands. *Austr. Cent. Int. Agric. Res. Proc.*, 52, 1-131.
- Collette B.B., Nauen C., 1983. FAO Species catalogue. II: Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date. FAO Fish. Synop., 125, 137 p.
- Dalzell P., Corpuz P., Ganadan R., Pauly D., 1987. Estimation of maximum sustainable yield and maximum economic yield from the Philippine small pelagic fisheries. Bureau of Fisheries and Aquatic Resources, Manila, Philippines, X(3), 23 p.

- Depoutot C., 1987. Contribution à l'étude des dispositifs de concentration de poisson à partir de l'expérience polynésienne. Notes Doc. Océanogr. Cent. Tahiti Orstom, 33, 170 p.
- Fréon P., Kwiecinski B., Lopez D., 1992. Utilité du système expert pour la connaissance du déterminisme du recrutement. Ann. Inst. Océanogr., Paris, 68(1), 1-18.
- Gafa B., Subani W., 1987. Study on live bait fishing area for small-scale fisheries development in Halmahera and Morotai (in Bahasa Indonesia). J. Mar. Fish. Res., 42, 97-104.
- Hall N.G., 1988. Fish population dynamics routines for use in fisheries analysis, updated for use with IBM compatible PC. Kuwait Institute for Scientific Research, Kuwait.
- Jesus (de) A.S., 1982. Tuna fishing gear of the Philippines. United Nations Development Programme and South China Sea Fisheries Development Coordination Programme, SCS/B7/WP/222, 1-49.
- Monintja D.R., 1993. Study on development of rumpon as Fish Aggregating Devices. Mar. Technol. Bull. ITK, 3(3), 1-137.
- Munro J., 1996. Proceedings of the symposium on artificial reefs, August 1994. International Centre for Living and Aquatic Resources Management, Manila, the Philippines.
- Nasution C.H., Merta G.S., Arifuddin R., 1986. Study on rumpions and their aspects in Mamaju waters to develop tuna fishery in South Celebes (in Bahasa Indonesia). J. Mar. Fish. Res., 37, 31-58.
- Nikujuluw V.P.H., 1994. The evolution of NES system in tuna and skipjack fisheries in Indonesia: concept, institutional and financial aspects. In: Socio-economic issues in coastal fisheries management. Proceedings of the IPFC Symposium, November 1993, Bangkok, Thailand, FAO, 405-415.
- Reuter J., 1938. Voorlopig modedeling omtrent het roempon onderzoek. Modedeling, 2B, Institut vor Zeevisserij, Batavia, 4 p.
- Suhendrata T., Wahyno M., 1987. The size at first maturity of the skipjack (*Katsuwonus pelamis*) in Pelabuhan Ratu and adjacent waters. J. Mar. Fish. Res., 44, 9-16.
- Tandog-Ednalín D.D., Cortez Zaragoza E.C., Dalzell P., Pauly D., 1990. Some aspects of the biology and population dynamics of skipjack (*Katsuwonus pelamis*) in Philippine waters. Asian Mar. Biol., 7, 15-29.

Diversifying fishing effort in Sicilian fisheries: the case of Fish Aggregating Devices (FADs)

Leonardo Cannizzaro⁽¹⁾, Antonio Potoschi⁽²⁾, Gioacchino Bono⁽¹⁾, Antonella Celesti⁽²⁾, Pietra Rizzo⁽¹⁾

(1) Istituto di Ricerche sulle Risorse Marine e l'Ambiente, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Mazara, Italy - leonardo@irma.pa.cnr.it

(2) Università di Messina, Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia Marina, S. Agata, Italy

Abstract

In the Sicilian fisheries, the swordfish (*Xiphias gladius* Linnaeus, 1758), caught from March to December with several gears which vary according to season, represents one of the most important economic resources. The size composition changes depending on the gears used, the way it is operated, the fishing season. The gears used for swordfish fishing (longlines "for swordfish", drift nets, harpoons as operated by typical boats named "feluche") mainly catch adult specimens. From August to December, a high number of very young swordfish specimens (1.5 to 4.5 kg) is also caught as by-catch during the albacore fishing (*Thunnus alalunga* Bonnaterre, 1788) which is carried out by a special longline and hooks only 3 cm long. It was observed that in the same season, fishing areas and with boats of similar type, the fishing of dolphinfish (*Coryphaena hippurus* Linnaeus, 1758), using Fish Aggregating Devices (FADs) and purse seine is hardly practised in spite of the resource availability of swordfish. With the present work, which can be regarded as an initial approach to the problem of diversifying and managing fishing effort of swordfish, albacore and dolphinfish, their fisheries are examined and discussed, not overlooking the economic aspect, by considering whether a reallocation of fishing effort among the previously said resources might avert the risk of swordfish stock depletion.

Introduction

Many species fished are overexploited. The swordfish (*Xiphias gladius* Linnaeus, 1758) is one of the species with high commercial value and therefore fished in all seas of the world, throughout the year, and is also probably one of the most overexploited species.

Off Sicily, the swordfish is fished by fleets of almost all the ports: previously from the end of the winter (March) to the end of the summer (August), now, apart from the fishing ban period (45 days from 15 November), throughout the year (fig. 1). The gears mainly used are a longline for swordfish, drifting gillnet for swordfish (only for the period

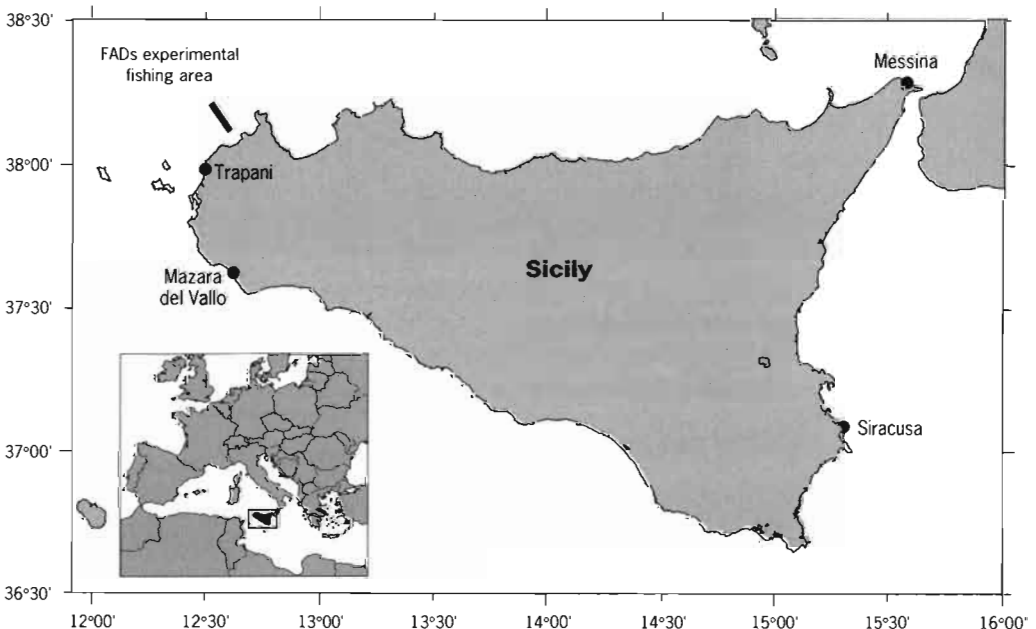
from May to July and, in any case, now being abolished definitively in Italy), and the harpoon used in the area of the Strait of Messina by special boats known as “feluche”. In recent years, the average size of swordfish catches has dropped year after year, indicating a depletion of the resource.

From September to December, the fleets of some Sicilian ports fish the albacore (*Thunnus alalunga* Bonnaterre, 1788), whose maximum size is generally around 15 kilogrammes. The gear normally used is a longline with hooks of just 3 cm, deadly for very young swordfish (specimens weighing between 1.5 and 4.5 kg) which are at times caught in greater numbers than the albacore itself. Despite the ban on the fishing and sale of such young swordfish, none of those unfortunate to be caught survive. Many fishing boats which fish albacore, generally until August, fish swordfish with longlines for swordfish or drifting gillnets.

In the same period, in many Sicilian ports, other fishing boats, some of which have fished swordfish until August, also fish the dolphinfish (*Coryphaena hippurus* Linnaeus, 1758) by means of Fish Aggregating Devices (FADs) and trawl nets. This latter activity contributes to deviating part of the fishing effort from swordfish and albacore towards dolphinfish.

Considering the particular structure of the fishing boats, their crew, generally consisting of two or three fishermen from the same family (father and sons, brothers, uncles and nephews), the fishing techniques and gear used, it can be said that the work of fishing the swordfish, albacore and dolphinfish off Sicily is an artisanal activity and that the boats should be classified as artisanal fishing fleets.

Figure 1
Sicilian fishing area.



With this work, which can be regarded as an initial approach to the problem of diversifying and managing the fishing effort of swordfish, albacore and dolphinfish, their fisheries are examined and discussed, without overlooking the economic aspect by considering whether a reallocation of the fishing effort among the previously mentioned resources might avert the risk of swordfish stock depletion.

Material and methods

A census has been done taken of all the fishing boats engaged in fishing swordfish, albacore and dolphinfish, operating from all Sicilian ports from January 1997 to December 1998. The catches and relevant fishing effort were also estimated.

Effort

Different approaches have been obviously developed (according to the type of fishing) to estimate the fishing effort. As far as the fishing of dolphinfish by FADs and purse seine net is concerned, the fishing effort has been estimated by means of the following formula:

$$\text{FADs fleet:} \quad E_k = N_b * N_f * N_h / 100 \quad [1]$$

with N_b the number of boats (fleet capacity), N_f the total number of FADs (gear capacity) and N_h the number of hauls carried out (activity). The effort E_k was divided by 100 for convenience.

With the swordfish and albacore specimens, we used two different formulas linked to the fleet:

$$\text{longline fleet:} \quad E_l = N_b * h * d / 1000 \quad [2]$$

$$\text{drifting gillnet fleet:} \quad E_g = N_b * l * d / 1000 \quad [3]$$

with h the average number of hooks per gear, d the number of fishing days and l the average length in metres of the net. Formula [2] was standardized in relation to a longline with 1 000 hooks, whereas formula [3] was standardized in relation to a 1 000 m long drifting gillnet. Formulas [2] and [3] cannot be compared to each other as they were obtained from different information.

Finally, the prices paid to the fishermen have been calculated on a weekly basis.

Results

Fishing fleet and fishing gear

Table 1 shows the swordfish, albacore and dolphinfish fishing fleet of all the ports in which at least one fishing boat is engaged in at least one of these activities. The fishing boats which use the longline for swordfish represent 48% (41% use the longline exclusively and 7% use the longline and drifting gillnet).

The drifting gillnets are to be banned completely by law in 2000 and 8% of the fishing boats which still use this tackle must convert. During the period from September to December, 16% of the fishing boats fish the albacore by means of a special longline known as "palangareddu" (small longline) and 27% fish the dolphinfish by means of FADs and trawl net. Finally, mention should be made of the nine fishing boats (the "feluche"), 1% of the fishing fleet, which operate in the Strait of Messina by means of a harpoon. This is the most typical and possibly the oldest way of fishing swordfish. The so-called "feluche" are boats about 15 m long, with a very high sighting mast and a long prow catwalk from where the fish are harpooned (Cavallaro *et al.*, 1988).

Table 1 - Average number of boats using longline for swordfish or albacore, drifting gillnet for swordfish and FADs in the last three years. *Boats using drifting FADs.

Port or landing place	Number of boats	Longline for swordfish	Longline for albacore	Gillnet	FAD	Longline and gillnet	Feluche
Augusta	27	15	5	4	3		
Catania	48	22	18	2	6		
Cefalu	33	3	9	5	13	3	
Gela	1	1					
Giardini Naxos	16	3	7	6			
Licata	22	6			16		
Lipari	48	27	12	4	5		
Marsala	44	44					
Mazara	17	17					
Messina	9						9
Ognina di Catania	25	20					
Porticello	103	34	18	7	44*		
Porto Empedocle	10	10					
Porto Palo di Capo Passero	55	23	1	5	26		
Pozzallo	10	3			7		
Pozzillo	96	31	22	3		40	
Riposto	29	9	13	7			
Sant'Agata	35	3	3	6	23		
Santa Maria La Scala	56	19	13	2		22	
San Vito Lo Capo	16	1			15		
Sciacca	12	9			3*		
Scoglitti	1	1					
Selinunte	5	2			3		
Syracuse	65	26	7	5	27		
Termini Imerese	22	3	6	2	11		
Trapani	22	6		2	14		
Tonnarella	23	10	2	1	10		
Falcone	14	7		3	4		
Capo di Orlando	6				6		
Total	870	355	136	69	236	65	9
Total %	100%	41%	16%	8%	27%	7%	1%

This fleet operates between June and September in the Strait of Messina or in the immediate vicinity. The catches generally consist of large swordfish. In recent years, there has been a drop both in the number of specimens caught and in their size. The reduction in catches and sizes has forced fishermen to consider the “tourism” aspect of this fishing profession and therefore, they often only have to allow a few tourists aboard and to capture just one swordfish in order to make both ends meet.

Drifting gillnet

This is a large net, commonly used until 1992, with a varying length of 12 to 16 km and a height of 15 metres. Since 1992, the longest net permitted by law is 2.5 kilometres. The characteristic feature of drifting gillnets for swordfish, compared to the other surface nets, is the extreme width of the meshes, which can reach 40 cm from knot to knot, making it the most treacherous for all average and large-sized marine species.

The first information on the fishing of swordfish by means of a drifting pelagic net is given by Oppiano (a Greek poet) in his five-volume work “Fishing” of 177 AD. From some notaries’ deeds of the fifteenth century we learn that in the Strait of Messina the so-called “*artem spidonis*” was exercised, i.e. fishing of swordfish with pelagic nets at night and with harpoons during the day. The fishing season started in April and ended in June, months in which maximum productivity was achieved. The boat used was generally the “*lintum nigrum*”, commonly known as “luntro”, a streamlined and fast craft measuring 6-7 m, propelled by eight rowers in four rows. The first news of overfishing of swordfish come from Lazzaro Spallanzani in 1793 who attributes the heavy drop in catches of swordfish with a harpoon, in the area of the Strait of Messina, to the excessive use of drifting pelagic nets. However, two centuries later and considering the description he makes of pelagic nets for swordfish of that time (long nets of more than 24 m, approximately 4 m high, and each boat may also use more than one), we can be certain that the causes for the decline were very different. In any case, Minasi, a historian, in one of his works dated 1889, says that the pelagic nets were introduced on a massive scale in the mideighteenth century. The first detailed information on the structure and size of nets is given in the early twentieth century, in documents of the chambers of commerce of Messina and Reggio Calabria. The nets, made in hemp, are between 800 and 1 000 m long, have a height of approximately 16 m and meshes with an opening of 34 centimetres.

Longlines for swordfish

These are made of a Nylon rope, twisted or otherwise, with a diameter that varies between 1.5 and 2.0 millimetres. The brackets, made from a double Nylon rope between 5 and 8 m long, are 30-35 m apart from each other and provided with 10 cm long hooks. The average length is about 50 km, for a total of 1 500 hooks. Frozen mackerel and squid are used as bait. With this gear large dolphinfish specimens are commonly caught from May to November (Potoschi *et al.*, 1993a,b).

Longlines for albacore

Another type of longline, also about 50 km long, is the one used for albacore fishing. The brackets, about 5 m long, are more or less 15 m apart from each other and the hooks are only 3 cm long. The fishing season for albacore starts in September and ends in December. Specimens caught in the Ionian Sea do not exceed 7 kg, whereas the ones caught in the Tyrrhenian Sea weigh 8 kg on average. Considering the simultaneous presence of young swordfish, using this equipment often allows a larger number of specimens to be caught, a considerable by-catch which heavily affects the stock of the species.

Fish Aggregating Devices (FADs)

FADs in the Mediterranean consist of a floating polystyrene foam surface, measuring about half a square metre and covered with a jute bag to which two palm branches are fastened. The framework is anchored to a block of concrete, weighing about half a quintal, by a Nylon cable. Dolphinfish tend to gather under the FADs and can easily be fished thanks to a special technique. The action consists of approaching the FADs while dragging a handline equipped with two hooks with a feather as bait. According to how fast the fish are biting and their number, the fishermen, thanks to their experience, are able to estimate the amount of fish under the FADs. In the case of a large number of dolphinfish, the handlines and the fish caught are dragged not too far from the FADs. This operation has an assembling and approaching effect on the other dolphinfish, creating the conditions for fast entrapment of the fish, away from any obstacles, using a special purse seine net (Bono *et al.*, 1997).

By-catch

Table 2 shows the species caught per tackle type. Most species are caught by a "spadara" net and therefore, despite the good catches of swordfish, mostly adult specimens, it was decided, as mentioned previously, to ban by law this very ancient fishing profession.

The by-catch of longlines for swordfish is formed by approximately 15 species. From the commercial viewpoint only about 50% of these species are of value. Amberjack (*Seriola dumerili* Risso, 1810) and Mediterranean spearfish (*Tetrapturus belone* Rafinesque, 1810) even if rarely caught, have high commercial value. The by-catch also includes some selachi of little or no commercial value and a few protected species such as *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758) and leather-back (*Dermochelys coriacea* Vandelli, 1761) caught in more than 30% and around 10% of hauls respectively.

The longlines for albacore catch as a by-catch mainly very young specimens of swordfish with an average weight of around 2.5 kilogrammes. The remaining 8-9 species which usually make up the by-catch are of little or no commercial value or protected, such as loggerhead. The Sicilian waters mainly involved in the fishing of albacore are the Ionian area and the Southern Tyrrhenian. In this area the number of albacore,

swordfish, bluefin (*Thunnus thynnus* Linnaeus, 1758) and other species caught represent on average approximately 51%, 23%, 10% and 16% respectively of the total catch, while the percentage distribution by weight of the total catch is the following: 72%, 13%, 7% and 8% respectively.

Table 2 - By-catch for fishing net (B: by-catch; T: target).

Species	Longline for swordfish	Longline for albacore	Drifting gillnet	FADs
<i>Alopias vulpinus</i>			B	
<i>Argonauta argo</i>			B	
<i>Auxis rochei</i>			B	
<i>Auxis thazard</i>			B	B
<i>Balistes carolinensis</i>	B		B	B
<i>Brama brama</i>	B		B	
<i>Brama raji</i>		B		
<i>Caetta caretta</i>	B	B	B	
<i>Cetorhinus maximus</i>			B	
<i>Coryphaena hippurus</i>	B		B	T
<i>Dasyatis centroura</i>		B		
<i>Dermochelys coriacea</i>	B			
<i>Dasyatis pastinaca</i>		B		
<i>Dasyatis violacea</i>	B	B	B	
<i>Euthynnus alletteratus</i>	B		B	
<i>Globicephala melaena</i>			B	
<i>Grampus griseus</i>			B	
<i>Illex coindetii</i>			B	
<i>Isurus oxyrinchus</i>	B			
<i>Lampris guttatus</i>			B	
<i>Luarus imperialis</i>			B	
<i>Mobula mobular</i>			B	
<i>Mola mola</i>			B	
<i>Naucrates ductor</i>				T
<i>Polyprion americanus</i>		B	B	B
<i>Prionace glauca</i>	B	B		
<i>Ruvettus pretiosus</i>	B	B		
<i>Sarda sarda</i>	B	B		
<i>Schedophilus ovalis</i>		B	B	B
<i>Scomber japonicus</i>			B	
<i>Seriola dumerili</i>	B			T B
<i>Sphyrna zygaena</i>	B			
<i>Stenella coeruleoalba</i>			B	
<i>Tetrapturus belone</i>	B		B	B
<i>Thunnus alalunga</i>	B	T	B	
<i>Thunnus thynnus</i>	B		B	
<i>Tursiops truncatus</i>			B	
<i>Ziphius cavirostris</i>			B	
<i>Xiphias gladius</i>	T	B	T	

Fishing by means of FADs and trawl net is the most selective of the four techniques considered. Dolphinfish is always the target species but another two species are considered targets according to the period of the trend in the catches of dolphinfish and the market. When the catch/price product of dolphinfish is considered good by fishermen, it is this species which is caught on an exclusive basis. Generally in the last weeks of August and the first of September the price/catch product is considered advantageous also for amberjack, so that both species are considered targets and, since the amberjack mixes in order to form a single shoal with pilotfish, the latter species becomes a by-catch. By the first half of October, the amberjack, leaves the FADs. Finally, when the dolphinfish starts to become scarce because the imminent winter causes the temperature of the water to drop below the threshold preferred by this species (around 18°C) and the amberjack has abandoned the FADs some time before, it is the pilotfish which becomes target species until the sea weather conditions destroy the FADs completely. The other species which make up the by-catch are caught rarely and by accident as shown in table 3, where the catches per species and per day of fishing carried out during an experimental fishing campaign on FADs by the Irma are reported.

Table 3 - Number of specimens, total weight, average weight and percentage of catch per species and fishing day.

Date	Species	Nb of specimens	Weight (g)	Average weight (g)	% catch
11-Sep	<i>Coryphaena hippurus</i>	62	19 015	307	42.30
	<i>Naucrates ductor</i>	119	25 550	215	57.00
	<i>Seriola dumerili</i>	2	300	150	0.70
16-Sep	<i>Coryphaena hippurus</i>	72	27 806	386	65.80
	<i>Naucrates ductor</i>	63	13 380	212	31.70
	<i>Seriola dumerili</i>	4	550	137	1.30
	<i>Polyprion americanus</i>	1	490	490	1.20
25-Sep	<i>Coryphaena hippurus</i>	134	57 123	426	87.30
	<i>Naucrates ductor</i>	25	6 397	256	9.80
	<i>Seriola dumerili</i>	16	1 900	119	2.90
30-Sep	<i>Coryphaena hippurus</i>	52	23 714	456	27.50
	<i>Naucrates ductor</i>	222	57 277	258	66.40
	<i>Seriola dumerili</i>	32	4 580	143	5.30
	<i>Schedophilus ovalis</i>	1	620	620	0.80
03-Oct	<i>Coryphaena hippurus</i>	231	115 258	499	93.50
	<i>Naucrates ductor</i>	22	5 361	244	4.30
	<i>Seriola dumerili</i>	17	2 600	153	2.10
21-Oct	<i>Coryphaena hippurus</i>	151	95 755	634	79.80
	<i>Naucrates ductor</i>	91	24 212	266	20.20
29-Oct	<i>Coryphaena hippurus</i>	34	27 935	822	77.20
	<i>Naucrates ductor</i>	30	8 227	274	22.80
06-Nov	<i>Coryphaena hippurus</i>	35	24 974	713	100
04-Dec	<i>Naucrates ductor</i>	150	39 115	260	99.30
	<i>Seriola dumerili</i>	4	279	70	0.70

A total of 9 fishing expeditions have been carried out on a series of 21 FADs between September and December 1996 in an area situated at around 14 miles north-west of Trapani (fig. 1). At least 94% of the catch have always been formed by dolphinfish and pilotfish (*Naucrates ductor* Linnaeus, 1758). Only in the fishing expedition of 30 September were 32 specimens of amberjack caught for around 4.6 kg of total weight, corresponding to just over 5% of the total catch.

Catch, effort and CPUE

The catches and fishing effort at two ports, Syracuse and Mazara del Vallo, in 1997 and 1998, were examined. Syracuse, situated in the centre of the eastern coast of Sicily, houses a fleet of 65 fishing boats which on average use 26 longlines for swordfish, 7 longlines for albacore and 5 drifting pelagic nets for swordfish. 27 fishing boats used FADs and trawl nets. The 17 fishing boats of Mazara del Vallo, situated in the western part of the southern Sicilian coast, all use only the longline for swordfish.

• Syracuse

The season of fishing by means of FADs began in August, as per tradition, in both 1997 and 1998, although in the latter year it ended in November instead of December as it is usually the case. Despite the 1997 catch had been double compared to that of 1998, in the two years the CPUE was approximately equal: 50.6 in 1997 and 49.8 in 1998 (tab. 4, 5; fig. 2, 4). Therefore, the drop in catches is not to be found in the lack of availability of the resource but instead in a lack of interest by fishermen, evidently attracted by other activities which are obviously more profitable in the short-term.

The quantity of swordfish caught, with a longline for swordfish, is higher in 1998 than in 1997 for approximately 23 per cent. This increase is to be explained by the fact that in 1998 the swordfish fishing season by longline for swordfish began in January instead of March as always occurred previously and by the fact that the CPUE in 1998 increased for approximately 7% (tab. 4, 5; fig. 2, 4).

The swordfish catch using the longline for albacore in 1998 was less than in 1997 by around 13% while the CPUE decreased by approximately 30 per cent. This obviously indicates an increase in the fishing effort in 1998 which does not correspond to an increase in the catch: the effort in 1998 increased by around 24% compared to 1997 (tab. 4, 5, 6).

The quantity of swordfish caught by means of the drifting gillnet dropped in 1998 by around 30% compared to 1997, while the CPUE increased by approximately 15% and the effort dropped by approximately 39% (tab. 4, 5, 6).

Finally, the albacore catch increased in 1998 by approximately 17% and the CPUE grew by 3% approximately, yet the fishing effort expressed in kilogrammes recorded an increase of 14% (tab. 4, 5, 6).

Table 4 - Catch per month and per type of fishing gear in 1997 and 1998 at Syracuse.

Year	Syracuse									
	FADs		Longline		Longline for albacore				Drifting gillnet	
	Catch (kg) Dolphinfish		Catch (kg) Swordfish		By-Catch (kg) Swordfish		Catch (kg) Albacore		Catch (kg) Swordfish	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998
January	-	-	-	3 315	-	-	-	-	-	-
February	-	-	-	780	-	-	-	-	-	-
March	-	-	2 145	1 560	-	-	-	-	-	-
April	-	-	11 527	15 643	-	-	-	-	-	-
May	-	-	15 101	16 359	-	-	-	-	2 915	2 376
June	-	-	24 328	22 212	0	0	14 586	17 017	2 622	659
July	-	-	9 960	11 067	0	0	33 570	52 884	3 418	3 241
August	15 338	15 273	7 110	1 580	-	-	-	-	-	-
September	63 694	22 291	4 716	15 327	-	-	-	-	-	-
October	76 359	35 469	1 864	6 990	3 788	3 062	0	0	-	-
November	4 534	1 004	147	98	4 930	3 985	33 048	24 786	-	-
December	308	-	-	-	5 720	5 473	3 920	4 704	-	-
Total	160 233	74 037	76 898	94 931	14 438	12 520	85 124	99 391	8 955	6 276

Table 5 - CPUE per month and per type of fishing gear in 1997 and 1998 at Syracuse.

Year	Syracuse									
	FADs		Longline		Longline for albacore				Drifting gillnet	
	CPUE (kg) Dolphinfish		CPUE (kg) Swordfish		CPUE (kg) Swordfish		CPUE (kg) Albacore		CPUE (kg) Swordfish	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998
January	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-
February	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-
March	-	-	18	11	-	-	-	-	-	-
April	-	-	43	46	-	-	-	-	-	-
May	-	-	27	28	-	-	-	-	14	17
June	-	-	42	39	0	0	48	43	14	6
July	-	-	17	16	0	0	108	142	7	11
August	27	30	31	33	-	-	-	-	-	-
September	48	53	54	73	-	-	-	-	-	-
October	68	67	26	46	58	39	0	0	-	-
November	36	43	26	47	33	24	137	127	-	-
December	91	-	-	-	63	41	39	39	-	-
Total	51	50	30	32	47	33	89	91	12	11

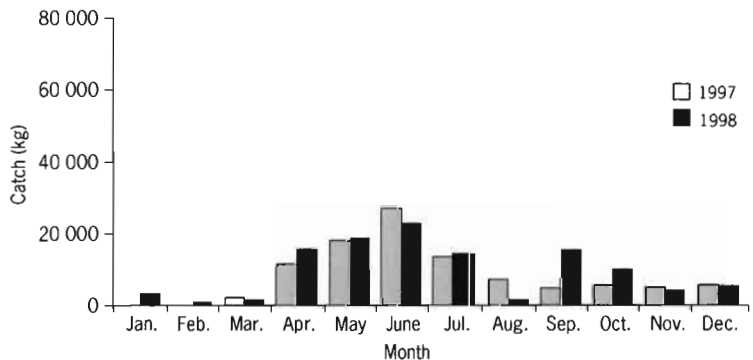
Figure 2
Catch per month of all gear
types at Syracuse in 1997
and 1998.

Figure 3
Catch per month of longline
for swordfish at Mazara del
Vallo in 1997 and 1998.

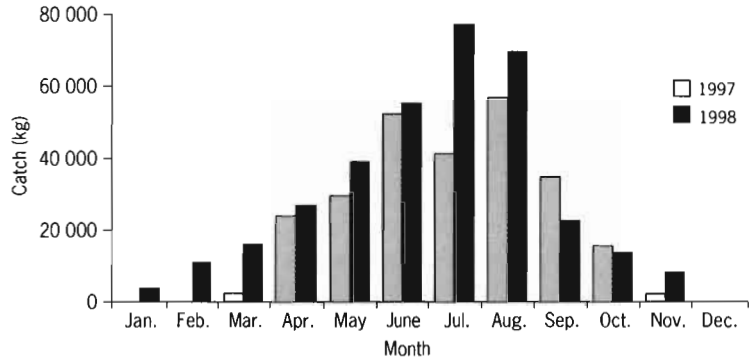


Table 6 - Fishing effort per month and per type of fishing gear in 1997 and 1998 at Syracuse.

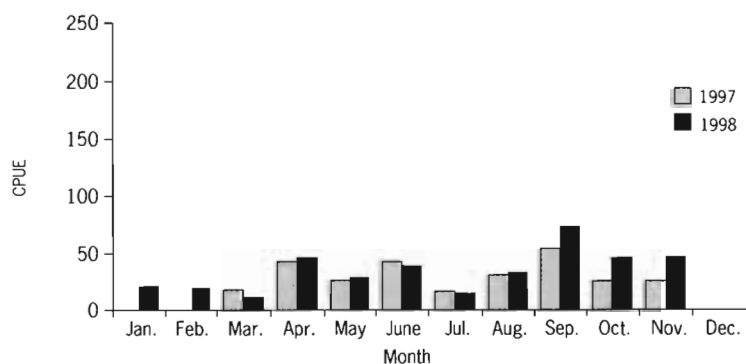
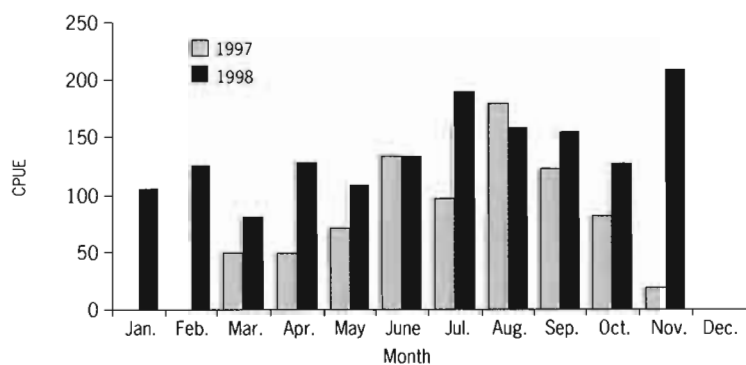
Year	Syracuse										
	FADs		Longline		Longline for albacore				Drifting gillnet		
	Effort (kg) Dolphinfish	Effort (kg) Swordfish	Effort (kg) Swordfish	Effort (kg) Swordfish	Effort (kg) Swordfish	Effort (kg) Swordfish	Effort (kg) Albacore	Effort (kg) Albacore	Effort (kg) Swordfish	Effort (kg) Swordfish	
1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998
January	-	-	-	169	-	-	-	-	-	-	-
February	-	-	-	38	-	-	-	-	-	-	-
March	-	-	121	146	-	-	-	-	-	-	-
April	-	-	269	342	-	-	-	-	-	-	-
May	-	-	562	575	-	-	-	-	-	210	140
June	-	-	586	567	0	0	306	399	189	115	
July	-	-	585	672	0	0	310	372	480	280	
August	558	513	228	48	-	-	-	-	-	-	-
September	1327	424	88	209	-	-	-	-	-	-	-
October	1131	526	72	153	65	80	0	0	-	-	
November	124	23	28	21	151	168	240	195	-	-	
December	3	-	-	-	90	133	99	120	-	-	
Total	3 143	1 486	2 539	2 940	306	381	955	1 086	879	535	

• Mazara del Vallo

The fishing areas of the fleet of Mazara del Vallo are relatively far from those of Syracuse, and in the former are only present fishing boats which use the swordfish longline with large hooks. The catch in 1998 increased over the previous year by approximately 32 per cent. Part of this increase, around 6%, is definitely due to the fact that in 1998 fishing began in January instead of March as it was traditionally the case (tab. 7). Another part appears due to the increase in the CPUE which in turn appears to be the result of a different allocation in time of the effort which, taking into account the extra two months (January and February) of fishing, did not increase in 1998 and was instead concentrated from March to August (fig. 3, 5). It is, in this period, that the best catches were recorded and when the larger-sized specimens were caught.

Table 7 - Catch, effort and CPUE per month in 1997 and in 1998 at Mazara del Vallo.

Mazara del Vallo Longline for swordfish						
	Catch (kg)	Catch (kg)	Effort	Effort	CPUE	CPUE
Year	1997	1998	1997	1998	1997	1998
January	-	3462	-	33	-	105
February	-	10854	-	86	-	126
March	2368	15647	47	192	51	81
April	23687	26463	124	253	72	104
May	29204	38400	185	353	82	109
June	51475	54563	188	406	123	134
July	40673	75872	278	399	20	190
August	56032	68560	312	431	180	159
September	34200	22545	382	146	97	155
October	15315	13798	406	108	135	128
November	2424	8047	418	38	128	210
December	-	-	-	-	-	-
Total	255378	338211	2340	2447	109	138

Figure 4
CPUE per month of longline for swordfish at Syracuse in 1997 and 1998.Figure 5
CPUE per month of longline for swordfish at Mazara del Vallo in 1997 and 1998.

Revenues

The total gross revenues of fishing with the longline for swordfish at Syracuse was 680,362 euro in 1997 and 838,582 euro in 1998. The drifting gillnet made 61,941 and 99,001 euro in 1997 and 1998 respectively.

Finally, the small swordfish caught as by-catch of the longline for albacore made 89,479 euro in 1997 and 77,592 euro in 1998. As regards the albacore, it contributed 210,010 euro to the 1997 revenues and 238,132 euro to those of 1998. Dolphinfinh finally brought 760,741 euro in 1997 and approximately half in 1998. All the approximately 38 fishing boats which in the two considered years were engaged in fishing swordfish at Syracuse had a much lower yield than the 17 fishing boats of Mazara del Vallo which only used the longline for swordfish with large hooks. Although adding the albacore fishing yield, the Syracuse fleets yielded less and caught a large quantity of very young swordfish. If we consider that a one-year-old swordfish weighs on average between 10 and 15 kg, i.e. from 4 to 6 times the average at which they are caught by the treacherous longline for albacore in the period from September to December, and that the commercial value of swordfish of legal sizes is at least double, we become aware of the damage (tab. 8).

Table 8 - Revenues (in euro) per fleet at Syracuse and Mazara del Vallo in 1997 and 1998.

	Syracuse	Mazara del Vallo	Syracuse	Mazara del Vallo
Fleet	1997	1997	1998	1998
Swordfish longline	680,362	2,242,159	838,582	2,969,414
Swordfish gillnet	61,941	-	99,001	-
Swordfish small longline	89,479	-	77,592	-
Total swordfish	831,783	2,242,159	1,015,175	2,969,414
Albacore longline	210,010	-	238,132	-
Dolphinfinh (FADs)	760,741	-	335,373	-
Total	1,802,533	2,242,159	1,588,680	2,969,414

The dolphinfinh, although paid to fishermen at low prices, at an average of between 3 and 4 euro, has a good yield which could improve considerably with targeted schemes, even simply of an advertising nature. The dolphinfinh revenues should be added to those from amberjack and pilotfish which we have not considered here for the sake of brevity. We shall only add that the amberjack obtained a price paid to the fishermen in August of around 12.5 euro and in September of around 6 euro, while the pilotfish obtained a price of approximately 2.5 euro throughout the season of fishing with FADs.

As regards, costs we can add that the longline always needs a bait and staff for baiting the hooks on every fishing expedition. In order to bait 1 500 hooks, 1 500 fish are required which are normally frozen mackerel bought at a low price but which in any case have a cost of around 350 euro. The initial investment for buying or building a longline is not less than that of a trawl net for dolphinfinh. The cost of the FADs is low, around 50 euro per FAD, which will last the whole fishing season from August to December.

Discussion

The fishing effort exerted on the stock of swordfish, when it affects the recruits, appears excessive. The drifting gillnets used for thousand years, although only catching adult specimens, are to be banned in Italy by 2000 due to the assumed by-catch (unfortunately there are no reliable quantity data). The list of species which make up the by-catch is only qualitative and the same species often make up the longline by-catch both for swordfish and albacore (tab. 2).

In the fishing areas of the Mazara fleet, where the longline is not used for albacore, which is deadly for young swordfish (the weight of the specimens caught varies from a minimum of 1.5 kg to a maximum of 4.5 kg with an average of around 2.5 kg), the catches of swordfish by longline are more abundant compared to those of the fishing areas of Syracuse.

Fishing by means of FADs and purse seine has virtually no by-catch. The catch consists solely of young specimens born in June-July. The stock of reproducing adults is not involved in any fishing activity. However, the adults form a by-catch in fishing with longline for swordfish and albacore and the drifting gillnet.

In the four years from 1995 to 1998, all the Sicilian fishing fleets have always captured less than 100 specimens of adult dolphinfish aged over a year and weighing more than five kilogrammes. It appears therefore that the high rate of growth, the low vulnerability of the reproducers and the relatively short fishing season, in that the specimens in late December no longer visit the FADs, are sufficient for ensuring stock continuity. The specimens of pilotfish, which in quantity terms is the species most caught after dolphinfish, are generally always adult; only at the end of October, it is possible to catch very young specimens born a few months earlier. In any case, the fishermen are not very interested in catching pilotfish as it has low commercial value and mainly because it is the combination of the FADs plus pilotfish which attracts the dolphinfish and possibly the amberjack too. In fact, the first species to colonise the FADs is the pilotfish, followed by the amberjack and dolphinfish. When all the specimens of pilotfish are caught together with the other species, and the FADs are deserted, around 10 days are required for the FADs to be repopulated by pilotfish and to attract dolphinfish. It appears that more the FAD is attractive to dolphinfish the more it is populated with other species, mainly pilotfish. The FADs plus pilotfish system as an attraction for dolphinfish is not yet wholly clear and to date there is no research aimed at solving the mystery.

As regards the amberjack, the quantities caught, although they are very young specimens, are minimal and not such as to jeopardise the integrity of the stock. In the same period, artisanal fishing with trammel net and gillnet catches very young amberjack in quantities higher by at least one order of magnitude compared to those caught under the FADs.

Conclusion

It appears useful and appropriate to transfer fishing effort from swordfish and albacore towards dolphinfish, above all the fisheries which fish albacore by longline with small hooks. The simplest way appears that stimulating demand for dolphinfish in order to raise the price paid to the fishermen and encourage them to take up fishing using FADs and trawl net. Currently, the only markets for dolphinfish are Malta, Sicily, Tunisia and the Balearics. A Maltese firm, specialised in the processing and preservation of fish products, has produced and marketed, mainly in Italy, as from 1996, frozen slices of dolphinfish (20 000 kg in 1997) with peeled tomatoes, celery, olives and capers, ready for fast cooking in the oven, and filets of smoked dolphinfish (4 000 kg in 1998). Activities of this type, in addition to being desirable in that they give fish products considerable added value and make them available throughout the year and not only during the fishing season, could in the short to medium terms encourage the hope for transfer of fishing effort from swordfish to dolphinfish. Valorisation and expansion of the dolphinfish market must not entail a depreciation of swordfish but, instead, it must be the greater availability of the dolphinfish resource which attracts fishing effort.

The lower the fishing effort on swordfish in the period from September to December, the better the catches from March to August of the following year will be. As mortality of recruits decreases, the number of swordfish which reach first sexual maturity will increase and, by reproducing, will contribute to reinstating the stock.

Bibliographic references

- Andreoli M.G., Levi D., Cannizzaro L., Garofalo G., Sinacori G., 1994. Sampling statistics of southern Sicily trawl fisheries (Minipestat): Methods. NTR-ITPP, 46(1).
- Andreoli M.G., Campanella N., Cannizzaro L., Garofalo G., Giusto G.B., Jereb P., Levi D., Norrito G., Ragonese S., Rizzo P., Sinacori G., 1995. Sampling statistics of southern Sicily trawl fisheries (Minipestat): Data Report. NTR-ITPP, Spec. Publ., 4(2).
- Bono G., Cannizzaro L., Gancitano S., Rizzo P., 1997. La pesca sui cannizzati aspetti quali-quantitativi. Biol. Mar. Mediterr., 5(1), 661-664.
- Cannizzaro L., D'Andrea F., Potoschi A., Scalisi M., 1999. Economic aspects of the fishing of dolphinfish in Sicily. Scientia Marina, 63(3-4), 459-464.
- Cannizzaro L., D'Andrea F., Pizzicori P., Norrito G., 1997. Aspetti economici della pesca della lampuga (*Coryphaena hippurus* Linnaeus, 1758) alle Pelagie. Biol. Mar. Mediterr., 5(1), 768-771.

- Cannizzaro L., Potoschi A., Scalisi M., D'Andrea F., Romeo T., 1997. Bio-economic aspects of swordfish and dolphinfish fisheries in Sicily. Proceedings of the third international conference on the Mediterranean coastal environment, Medcoast 97, 1, 97-107.
- Cavallaro G., Cefali A., Faranda M., Potoschi A., Sotiriadis S., 1988. Rilevazioni e studi biologici per la valutazione dello stock di pesc spada (*Xipbias gladius* L., 1758) nei mari meridionali italiani. Atti seminari delle unità responsabili dei progetti di ricerca promossi nell'ambito dello schema preliminare di piano per la pesca e l'acquacoltura. Ministero della Marina Mercantile, Roma, CNR-UO, 4(1), 259-270.
- De Metrio G., Potoschi A., Sion L., Cacucci M., Sturiale P., 1996. Catches of juvenile bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L.) and swordfish (*Xipbias gladius* L.) in the Italian seas during the albacore fishing season. Tuna Symposium, 10-18 Giugno 1996, Azores, ICCAT.
- Morales-Nin B., Oliver P., Castro J.J., Cannizzaro L., Potoschi A., Pla C., 1995. Biology and fishery of dolphinfish in the Western Mediterranean and Canary Islands area. Institut Mediterrani d'Estudis Avançats, Palma de Mallorca. Final Rep., contract UE, 94/031.
- Morales-Nin B., Oliver P., Castro J.J., Cannizzaro L., Potoschi A., Pla C., 1998. Dolphinfish biological and fishing data in the Western Mediterranean. Final Rep., contract UE, 95/073.
- Potoschi A., Cavallaro G., Sturiale P., Pisciotta G., Granatae A., Melini B., 1993a. The swordfish (*Xipbias gladius* L., 1758) surface longline fishing practised in the fisheries of Eastern Sicily. ICCAT, SCRS/92/26, XL(1), 327-330.
- Potoschi A., Cavallaro G., Sturiale P., Lo Duca G., 1993b. Valutazione degli stocks di pesc spada, tonno ed alalunga nel Mar Ionio relativamente alle marinerie siciliane? Rapporto finale anni attività 1990-1992, Ministero Marina Mercantile, 125.

Effets du plan de protection des thonidés de l'Atlantique 1998-1999 d'après les observations faites sur les thoniers senneurs gérés par les armements français

Michel Goujon⁽¹⁾, Cyrille Labaisse-Bodilis⁽²⁾

(1) CNPMMEM, 51 rue Salvador Allende, 92027 Nanterre Cedex, France, mgoujon@comite-peches.fr

(2) Orthongel, BP 127, 29181 Concarneau Cedex, France

Abstract

In 1998, the French and Spanish tuna-boat owners associations have voluntarily reconducted the Atlantic tuna protection plan (also called moratorium) initiated the previous year. This plan which has become an ICCAT recommendation for 1999, consists mainly in preventing fishing on floating objects (logs) and in having observers on board tuna purse seiners. Data collected by these observers and landing statistics allow to draw preliminary conclusions on some effects of the protection plan, on the fleets and on the Atlantic tuna stocks. Largely respected, the moratorium has led to a spatial redistribution of the fishing effort, an important reduction of the proportion of sets on logs and a decrease of the landings by one third compared to those realised the years before during the same months, particularly for the skipjack and the bigeye tunas. Moreover, data collected allow to calculate catch rates for a number of by-catch species in the purse seine fishery.

Introduction

Dans un souci de pêche responsable portant plus particulièrement sur la protection des juvéniles, les trois organisations de producteurs de thon tropical, françaises et espagnoles (Orthongel, Optuc-Anabac et Opagac) ont signé en 1997, puis en 1998, un accord pour la mise en place d'un plan de protection volontaire des thonidés de l'océan Atlantique sur une période de trois mois allant du 1^{er} novembre au 31 janvier de l'année suivante (Ariz Telleria *et al.*, 1998).

En 1997 et 1998, les plans de protection des thonidés de l'océan Atlantique, également appelés moratoires, consistaient, entre autres choses, à « interdire aux thoniers senneurs gérés par les armements adhérents aux trois organisations signataires de mettre à l'eau des épaves artificielles et de réaliser des coups de senne sous des objets flottants (naturels ou artificiels) dans la zone délimitée au sud par le parallèle 4° Sud, au nord par le parallèle 5° Nord, à l'ouest par le méridien 20° Ouest et à l'est par la côte africaine, pendant les mois de novembre, décembre

et janvier de l'année suivante » (fig. 2). Conformément à l'accord, les organisations de producteurs ont donc embarqué des observateurs dont le rôle était de vérifier que ce moratoire était respecté. Ces observateurs ont également été chargés de collecter des informations sur les objets flottants et les coups de senne.

Ce document présente les principaux résultats de l'analyse des données collectées par les contrôleurs embarqués à bord des thoniers senneurs gérés par les armements français. Il ne présente donc qu'une vue partielle de la réalité, même si les comportements des deux flottilles européennes sont similaires, et devra être confronté aux informations du même type concernant la flottille espagnole.

Matériel et méthodes

Couverture de la flottille

En tout, 15 senneurs gérés par des armements français ont pêché dans l'Atlantique 1 144 jours pendant la période du moratoire 1998-1999. Le suivi du moratoire a été assuré par 17 contrôleurs, employés par Cofrepêche, qui ont passé, pendant la période du moratoire¹, 950 jours d'observation en mer, soit une couverture de la flottille de senneurs de 83 pour cent. La couverture de la flottille a été moins bonne qu'à l'occasion du précédent moratoire (Goujon, 1998) du fait de la signature tardive de l'accord entre armateurs.

Observations réalisées

Pendant les 1 014 jours passés en mer par les contrôleurs, ceux-ci ont observé 570 coups de senne dont 392 dans la zone et pendant la période du moratoire, et 129 hors zone (tab. 1). Sur les 521 coups de senne réalisés pendant le moratoire, 13 (soit 2,5 %) l'ont été en infraction au moratoire (pêche sous objets flottants dans la zone) et ont donné lieu à des procès-verbaux. En ce qui concerne la mise à l'eau de balise, trois infractions ont été observées.

Par ailleurs, les contrôleurs ont observé 506 objets flottants dont 112 (soit 22,1 %) ont fait l'objet d'un coup de senne (tab. 1). Dans la zone du moratoire, 5,3 % des objets flottants observés ont donné lieu à des coups de senne (infractions). Hors de la zone ou de la période du moratoire, 38,2 % des observations d'objets flottants ont été suivies par des coups de senne sous ces objets.

Soixante-treize pour cent des objets flottants observés ont été des radeaux, dont 87 % munis d'une balise. Les objets flottants les plus rencontrés après les radeaux sont les branchages ou tas de paille et les caisses ou objets en plastique. La proportion de radeaux dans les objets flottants observés à l'intérieur de la zone et pendant la période du moratoire est de 59,5 % contre 86,1 % à l'extérieur ou en dehors de

1. Au total, les observateurs ont passé 1014 jours à bord, car certains sont arrivés avant le début du moratoire et ont débarqué après son terme.

la période du moratoire, où 43,5 % des radeaux observés (presque tous munis de balises) ont donné lieu à des coups de senne.

Tableau 1 - Effort d'observation mis en œuvre par les contrôleurs.

	Dans la zone du moratoire	Hors zone du moratoire	Hors période du moratoire	Total
Nombre de jours en mer	780	170	64	1 014
Nombre de coups de senne observés	392	129	49	570
Nombre d'objets flottants observés	247	241	18	506
donc suivi de coups de senne	13	91	8	112
soit	5,3 %	37,8 %	44,4 %	22,1 %

Autres données utilisées

Les effets du moratoire sur les quantités de thons pêchées ont été étudiés à partir des données de débarquement des navires français, fournies par Orthongel. Il faut cependant garder à l'esprit que les données de débarquement sont décalées dans le temps, d'une moyenne d'environ trente jours, par rapport aux données de capture. Par ailleurs, ces données distinguent, pour l'albacore et le listao, deux catégories de taille : supérieure et inférieure à 10 kg pour l'albacore et supérieure et inférieure à 1,8 kg pour le listao.

Outre les données des observateurs embarqués et celles fournies par l'organisation française de producteurs de thon congelé Orthongel, ont également été utilisées pour cette analyse les données de fréquence de longueurs des captures des senneurs (tous pavillons) provenant des échantillonnages réalisés lors des débarquements pour l'Institut de recherche pour le développement (IRD).

Périodes de référence et hypothèses

Pour analyser les effets du moratoire, les périodes de référence qui ont été utilisées sont incluses dans la période pendant laquelle la pêche sous objets flottants a été la plus importante, c'est-à-dire entre 1991 à 1996. Cette période de référence a permis d'estimer les captures qui auraient pu être faites si le moratoire n'avait pas été mis en place. La diminution globale des débarquements de thons pendant le moratoire par rapport aux années précédentes est donc estimée en supposant une progression des captures, pendant les mois du moratoire, identique à celle observée en moyenne sur les mêmes mois de la période 1994-1997. Cette hypothèse induit, en particulier, une structure des populations identique pour les deux périodes et un comportement saisonnier identique des pêcheurs, mais ne suppose pas des niveaux d'abondance semblables. Enfin, le manque à gagner des armements thoniers a été estimé en calculant la valeur du différentiel de débarquements au prix mensuel ayant cours au moment du moratoire.

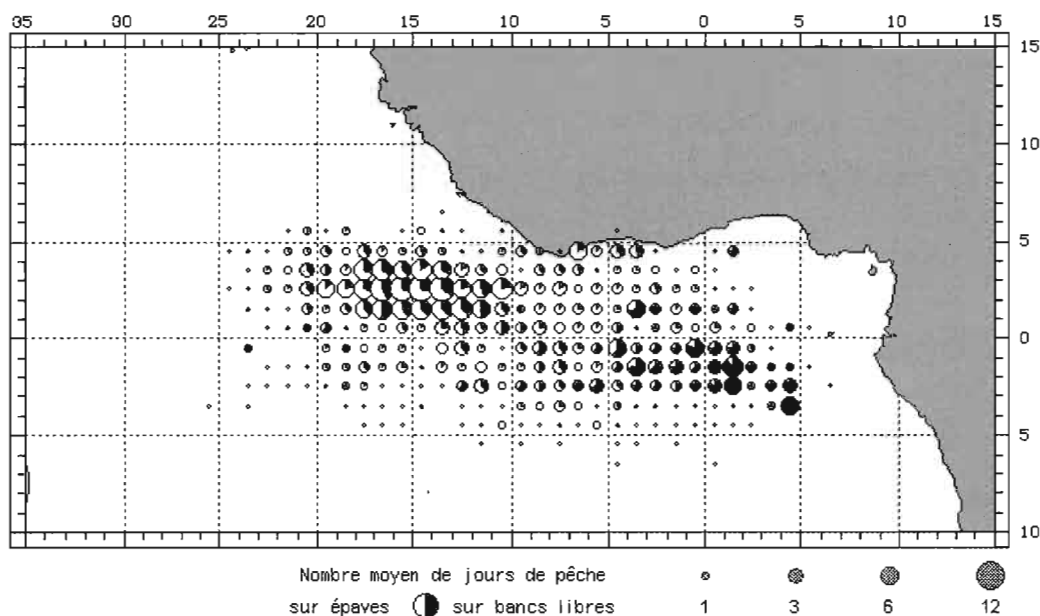
Résultats

Effet du moratoire sur la distribution de l'effort de pêche

Pendant les mois de novembre à janvier de la période 1991-1996, l'effort de pêche moyen des senneurs français se répartit principalement à l'intérieur de la zone du moratoire avec deux zones d'activité plus intense :

- l'une située entre 10° et 20° Ouest et entre 5° Nord et l'équateur où les coups de senne sont réalisés majoritairement sous objets flottants (le plus souvent des épaves artificielles);
- l'autre, plus diffuse, située entre 5° Ouest et 5° Est et entre 2° Nord et 3° Sud où les coups de senne sont plutôt réalisés sur des bancs libres (fig. 1).

Figure 1
Distribution de l'effort de pêche moyen de la flottille française pendant la période du 1^{er} nov. au 31 janv. (en nombre de jours de pêche) en fonction du type de coup de senne (moyenne 1991-1996).



Pendant le moratoire 1998-1999, l'effort de pêche s'est dispersé autour et à l'intérieur de la zone du moratoire (fig. 2, tab. 2), comme ce fut le cas pour le précédent moratoire (Goujon, 1998). On retrouve une distribution semblable à celle observée en 1997-1998 avec :

- une zone de pêche située entre 25° et 15° Ouest et entre 8° Nord et l'équateur où les navires ont pêché tantôt sous des objets flottants à l'extérieur des limites ouest et nord de la zone du moratoire, tantôt sur bancs libres (à l'intérieur comme à l'extérieur de la zone du moratoire);
- une zone située au sud de la zone du moratoire, où la pêche s'est surtout pratiquée sous objets flottants entre mi-novembre et fin décembre;

Figure 2
Distribution de l'effort de pêche de la flottille française observé pendant la période du 1^{er} nov. 1998 au 31 janv. 1999 (en nombre de coups de senne) en fonction du type de coups de senne.

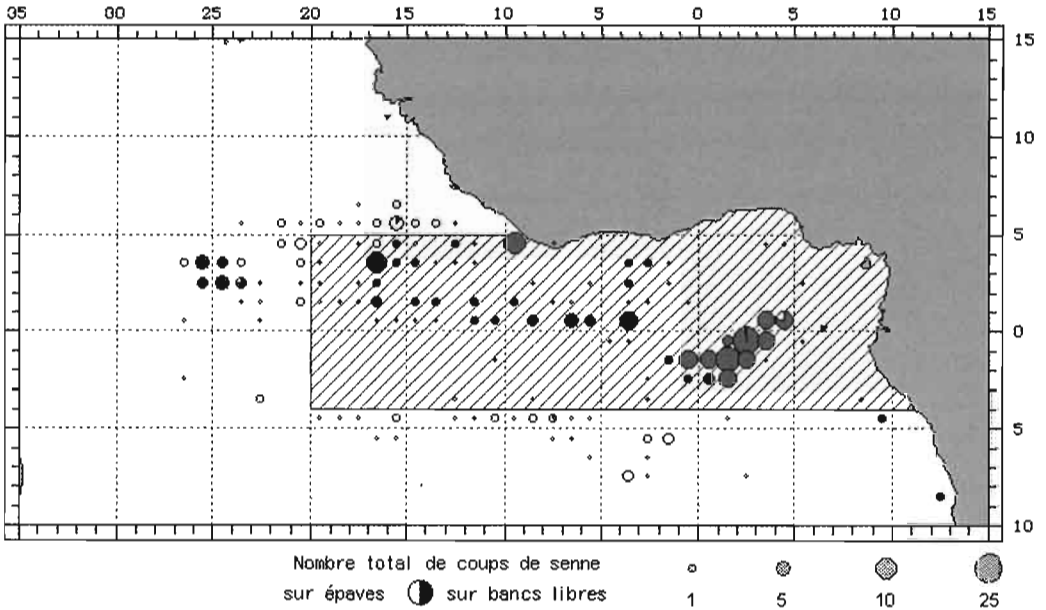
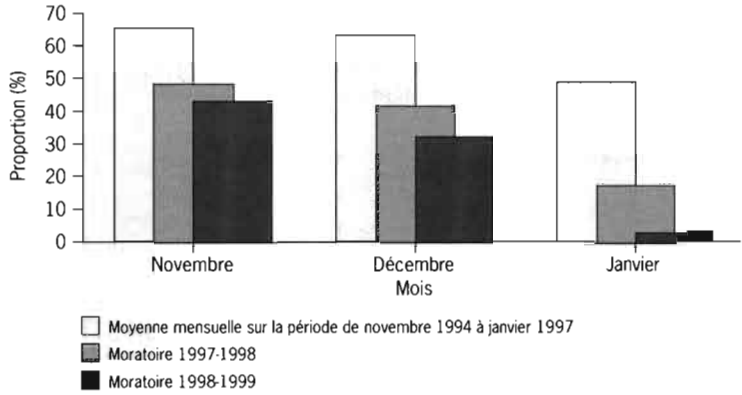


Tableau 2 - Évolution par quinzaine du nombre de coups de senne des senneurs français pendant le moratoire.

Nombre de coups de senne	1-15 nov.	16-30 nov.	1-15 déc.	16-31 déc.	1-15 janv.	16-31 janv.
À l'ouest et au nord de la zone du moratoire						
Sur bancs libres	4	25	0	2	1	0
Sous objets flottants	3	14	21	13	1	0
Dans la partie ouest de la zone du moratoire (à l'ouest de 10° O)						
Sur bancs libres	10	5	9	50	0	0
Sous objets flottants	0	0	1	4	0	0
Au sud de la zone du moratoire						
Sur bancs libres	0	1	3	2	0	0
Sous objets flottants	0	19	10	10	0	0
Dans la partie centrale de la zone du moratoire (à l'est de 10° O)						
Sur bancs libres	1	2	8	52	118	124
Sous objets flottants	0	0	0	1	5	2

Encore plus qu'en 1997-1998, le moratoire 1998-1999 se traduit par une diminution de 30 à 70 % de la proportion de coups de senne sous objets flottants (fig. 3).

Figure 3
Évolution de la proportion de coups de senne sous objets flottants dans l'Atlantique pendant les mois du moratoire.



Effet du moratoire sur les captures

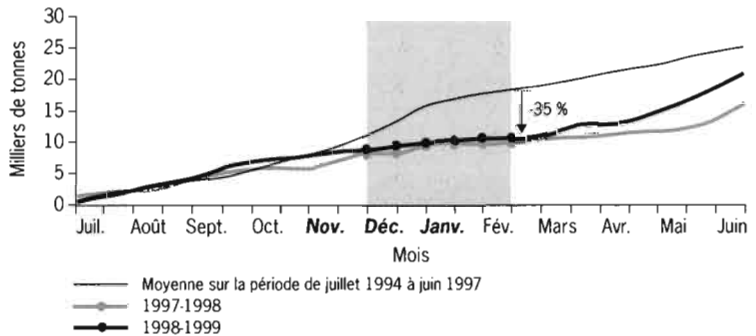
Quantités pêchées

Le moratoire 1998-1999 se traduit par une réduction d'environ 35 % des débarquements de thons de moins de 10 kg (listaos de toutes tailles, albacores et patudos de moins de 10 kg) par rapport aux débarquements moyens correspondant à la même période entre 1994 et 1997 (fig. 4). Cette diminution est semblable à celle observée lors du précédent moratoire (Goujon, 1998).

Par espèce et par catégorie commerciale, la comparaison entre les captures réalisées pendant le moratoire 1998-1999 et celles qui auraient pu être réalisées s'il n'y avait pas eu de moratoire (en supposant une progression des captures pendant les mois du moratoire identique à celle observée en moyenne sur les mêmes mois de la période 1994-1997) permet d'évaluer :

- une diminution d'environ 6 000 t (soit 40 %) des débarquements de listaos de plus de 1,8 kg ;

Figure 4
Évolution des débarquements cumulés de thonidés de moins de 10 kg, de juillet à juin dans l'Atlantique. La période pendant laquelle les débarquements correspondent aux captures faites pendant le moratoire est indiquée par un fond grisé.



- une diminution d'environ 1 000 t (soit 38,5 %) des débarquements de listaos de moins de 1,8 kg ;
- aucune variation ou presque des débarquements d'albacores de moins de 10 kg ;
- une augmentation d'environ 2 000 t (soit 9 %) des débarquements d'albacores de plus de 10 kg ;
- une réduction d'environ 350 t (soit 10 %) des débarquements de patudos.

Sur douze mois (de juillet à juin), on observe une augmentation des débarquements de thons de moins de 10 kg pendant les mois de mai et juin par rapport aux années précédant la mise en place du moratoire. Cette augmentation est d'ailleurs nettement plus marquée pour les débarquements de listaos de plus de 1,8 kg que pour ceux des listaos de moins de 1,8 kg ou des juvéniles des autres espèces. Ce phénomène est également plus marqué en 1999 qu'en 1998 et pourrait être un effet à court terme du moratoire, puisque les listaos non pêchés (sous objets flottants) pendant la période du moratoire ne le sont pas non plus pendant les deux ou trois mois suivants qui correspondent à la saison de pêche des gros albacores. Ces jeunes listaos se retrouvent donc en plus grand nombre, et de plus grande taille, lorsque les pêcheurs se remettent à pêcher sous objets flottants en mai-juin.

Distribution spatiale des captures

Comme pour le précédent moratoire, la distribution spatiale des captures réalisées pendant le moratoire 1998-1999 diffère de la distribution moyenne des captures, telle qu'elle a pu être observée pour la même période entre 1991 et 1996, par un déplacement de la zone traditionnelle de pêche sous objets flottants entre 10° et 20° Ouest (zone Piccolo) vers le nord-ouest (fig. 5, 6).

En revanche, pour ce qui concerne la composition spécifique des captures, les différences observées pendant le moratoire 1998-1999 et le moratoire précédent, ou les années antérieures à la même saison, sont plus marquées (fig. 5, 6).

Si, l'année précédente, les captures d'albacores de plus de 10 kg avaient principalement été réalisées pendant la deuxième moitié du moratoire, on constate qu'en 1998-1999, les pêcheurs ont capturé ces albacores dès le mois de novembre et pendant toute la durée du moratoire. En novembre, ces captures ont eu lieu en majeure partie à l'ouest de la zone du moratoire, sauf quelques-unes, pendant la première quinzaine, dans la moitié ouest de la zone du moratoire. En décembre, ces captures ont été effectuées presque exclusivement à l'intérieur de la moitié ouest de la zone du moratoire et, en janvier, tous les albacores de plus de 10 kg ont été pêchés dans la partie centrale du moratoire.

En ce qui concerne les captures de listaos, elles ont principalement eu lieu pendant les mois de novembre et décembre dans la partie ouest de la zone du moratoire et au nord et à l'ouest, ainsi qu'au sud de cette zone de mi-novembre à fin décembre.

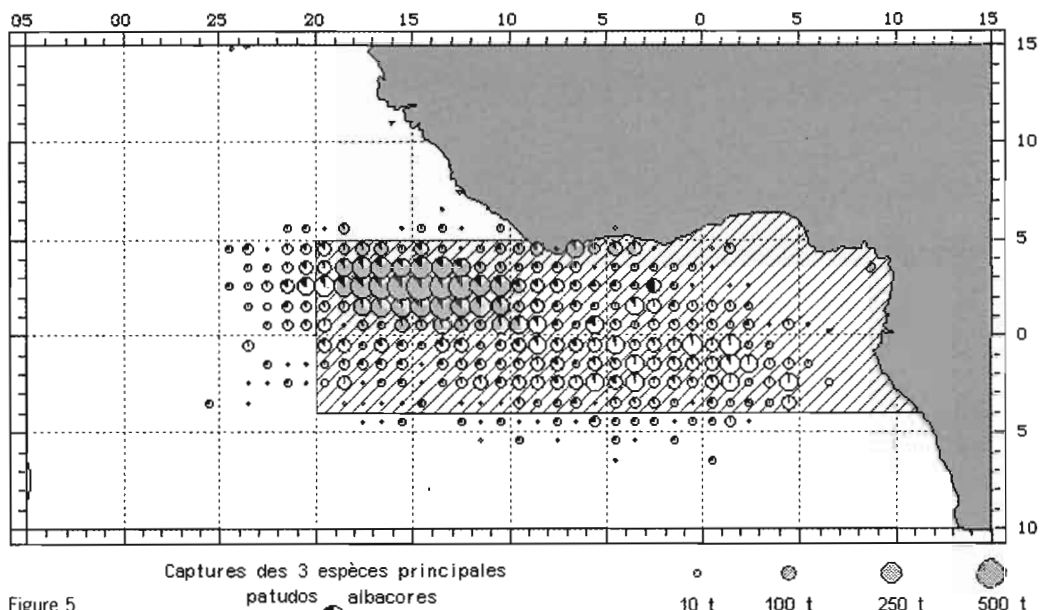


Figure 5
Distribution des captures moyennes par espèce pendant la période du 1^{er} nov. au 31 janv. (moyenne 1991-1996).

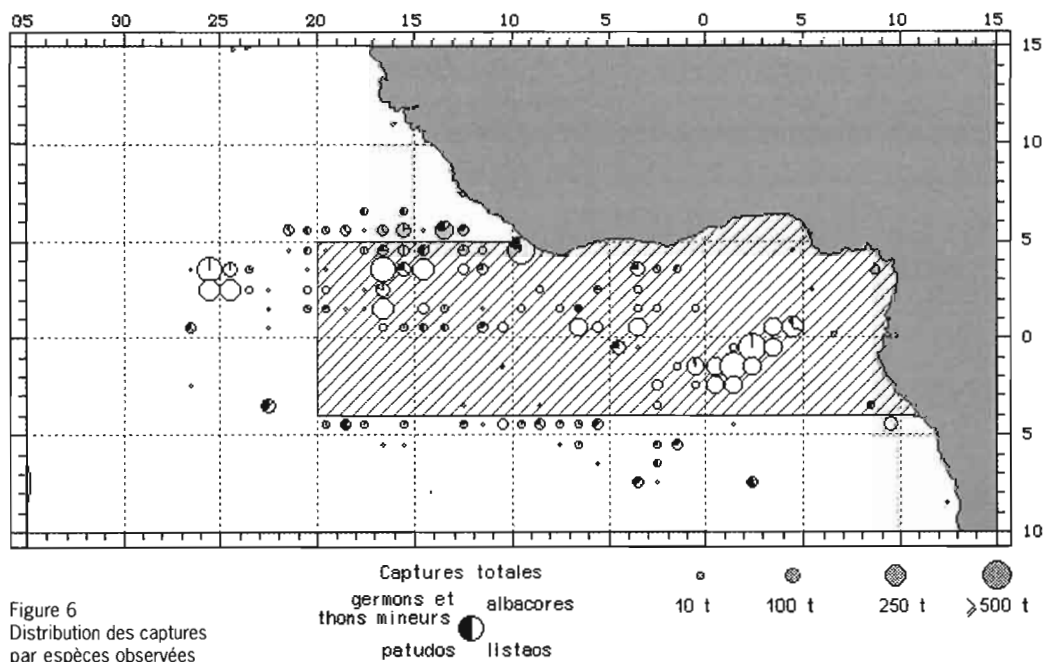


Figure 6
Distribution des captures par espèces observées pendant la période du 1^{er} novembre 1998 au 31 janvier 1999.

Impact économique du moratoire

On observe une diminution globale des débarquements de thons pendant le moratoire par rapport aux années précédentes que l'on peut, d'après l'hypothèse faite, considérée comme engendrée principalement par le moratoire 1998-1999. Cette diminution est estimée à environ 5 500 t, soit une réduction des débarquements moyens par navire de 350 tonnes.

Compte tenu des prix moyens ayant eu cours pendant le moratoire 1998-1999, le manque à gagner des armateurs français dû au moratoire peut être estimé à 10 millions de francs (1,52 million d'euros), auquel il faut ajouter le coût des contrôleurs qui s'élève à 1,1 million de francs (168 000 euros).

La réduction du chiffre d'affaires réalisé pendant le moratoire 1998-1999 est moins importante que celle occasionnée lors du moratoire précédent (32 MF ; tab. 3) ; ceci pour deux raisons :

- d'une part, les pêcheurs ont trouvé des mattes de gros albacores pendant toute la durée du moratoire, ce qui s'est donc traduit par des débarquements supérieurs de 2 000 t à ceux réalisés l'année précédente, soit en valeur environ 14 millions de francs qui ont compensé une large partie de la diminution des débarquements en valeur de listao ;
- d'autre part, les prix moyens des différentes catégories commerciales ont baissé de 35 % en moyenne entre le moratoire 1997-1998 et celui de 1998-1999 (tab. 3).

Tableau 3 - Aspects économiques de la mise en œuvre du moratoire.

		Moratoire 1997-1998	Moratoire 1998-1999
Prix moyens ¹	Albacores de plus de 10 kg	9,80 FF	6,90 FF
	Albacores de moins de 10 kg	7,70 FF	5,50 FF
	Listaos de plus de 1,8 kg	6,10 FF	3,40 FF
	Listaos de moins de 1,8 kg	5,10 FF	2,40 FF
	Patudos	6,10 FF	3,40 FF
Estimation du manque à gagner		32 M FF	10 M FF
Coût direct des contrôleurs embarqués²		1,1 M FF	1,1 M FF

1. FOB bord thonier Abidjan.

2. Salaires et frais de déplacement uniquement.

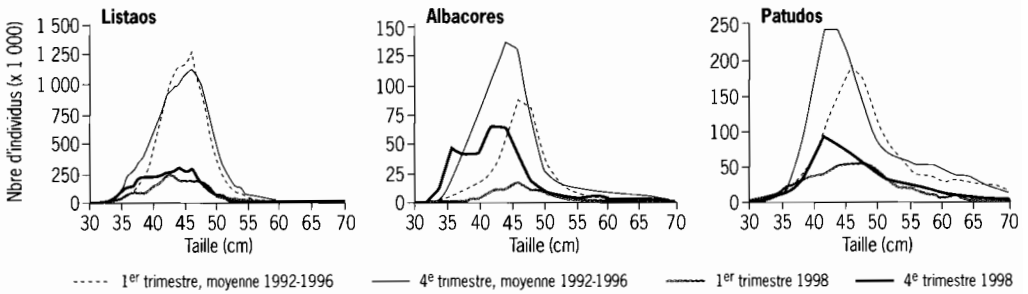
Discussion sur l'impact du moratoire sur les stocks de thons tropicaux

Le plan de protection a été largement respecté (seulement 2,5 % de coups de senne en infraction) et, apparemment, bien accepté par les patrons de pêche français. De manière plus générale, cette initiative des organisations de producteurs témoigne de la responsabilité des senneurs tropicaux vis-à-vis des ressources qu'ils exploitent, que ce soit comme espèce cible (listao et albacore) ou comme espèce secondaire (patudo). Accueilli avec satisfaction par les scientifiques, le moratoire est donc devenu une recommandation ICCAT, à l'issue de la dernière réunion

plénière de cette organisation régionale de pêche. Il apparaît en effet que le moratoire peut avoir un impact positif sur les ressources thonières de l'Atlantique.

Figure 7

Comparaison des fréquences de longueurs de captures réalisées sous objets flottants pendant les 1^{er} et 4^e trimestres de l'année 1998 (affectée par les deux moratoires) avec celles des captures moyennes réalisées sous objets flottants pendant ces mêmes trimestres entre 1992 et 1996.



Diminution des captures de listaos, d'albacores et de patudos de petite taille pendant le moratoire

Lors du moratoire 1997-1998, Diouf *et al.* (1998) ont constaté une diminution des captures de listaos, d'albacores et de patudos de petite taille variant entre 30 et 70 pour cent. Les fréquences de longueurs des captures françaises produites par l'IRD pour le quatrième trimestre 1998 montrent que le moratoire 1998-1999 a eu le même effet (fig. 7).

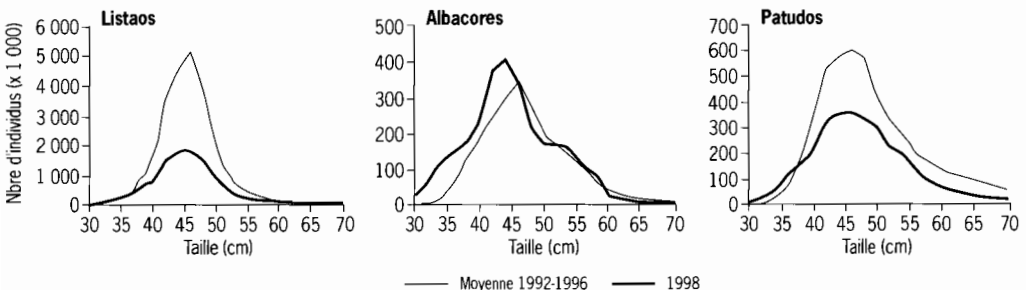
Importance et adéquation du moratoire sur l'année

Sur l'année, les moratoires ont un effet non négligeable sur les captures de listaos si l'on compare les fréquences de longueurs des captures annuelles réalisées en 1998 (tous types de coups de senne confondus) avec celles des captures moyennes sur la période 1992-1996. Il en est de même en ce qui concerne les captures de juvéniles de patudos. En revanche, pour les juvéniles d'albacores, l'effet des moratoires ne semble pas se faire sentir sur l'année 1998 (fig. 8).

Figure 8

Comparaison des fréquences de longueurs de captures annuelles de l'année 1998 (affectée par les deux moratoires) avec celles des captures annuelles moyennes de 1992 à 1996.

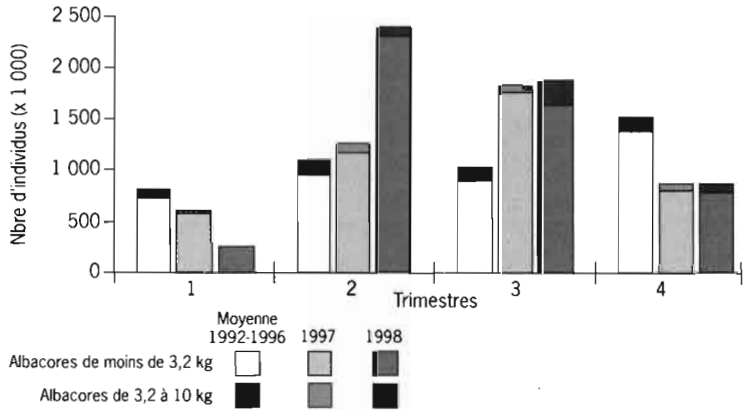
En réalité, l'effet du moratoire sur les juvéniles d'albacores est bien réel, mais il a apparemment été compensé en 1998 par de fortes captures de juvéniles d'albacores au cours des deuxième et troisième trimestres



(fig. 9). Ces captures sont à mettre en parallèle avec celles de listaos pendant ces deux trimestres mais peuvent aussi résulter d'un fort recrutement des albacores en 1998.

De fait, si la période du moratoire a été choisie de façon optimale pour limiter les captures sous objets flottants de petits poissons, elle n'a pas couvert les mois pendant lesquels le recrutement de cette espèce a été maximal en 1998 et 1999.

Figure 9
Comparaison des captures trimestrielles en nombre d'albacores de moins de 10 kg réalisées en 1997, 1998 et, en moyenne, sur la période 1992-1996.



Conclusion

Le moratoire a entraîné une importante diminution des coups de senne sous objets flottants ainsi qu'un déplacement d'une partie de la flottille au-delà des limites du plan de protection, vers d'autres eaux que celles habituellement fréquentées à cette époque de l'année. Cette modification de l'effort de pêche se traduit par des réductions importantes des captures de listaos et de juvéniles d'albacores et de patudos pendant la période du moratoire.

Compte tenu de la décroissance des prises constatée depuis 1993 et de la diminution de la taille moyenne des individus capturés, le moratoire, qui permet de réduire la mortalité par pêche sur les juvéniles, est donc qualitativement bénéfique pour les populations de thonidés tropicaux dont certaines sont, sans doute, localement en voie de surexploitation (ICCAT, 1998).

Les effets du moratoire sur les ressources devraient se faire sentir à court terme pour le listao et à moyen terme pour le patudo (principalement au profit des palangriers exploitant cette ressource). En ce qui concerne l'albacore, il est pour l'instant difficile d'établir des conclusions claires à partir des seules données disponibles pour cette analyse.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le Dr Alain Fonteneau de l'IRD pour les données de fréquences de tailles qu'il a communiquées et pour ses nombreux commentaires constructifs, ainsi que Benoît Mesnil de l'Ifremer pour ses corrections judicieuses.

Références bibliographiques

- Ariz Telleria J., Gaertner D., Nordström V., Delgado de Molina A., Santana J.C., Pallarés P., 1998. Informe de las actividades de los observadores en las flotas europeas de cerco en el océano Atlántico (Junio 1997 a Agosto 1998). Proyecto de investigación europeo sobre el patudo. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 49(3), 295-308.
- Diouf T., Fonteneau A., Ariz Telleria J., 1998. Analyse des effets du moratoire de la pêche sous objets flottants par les senneurs de l'Atlantique tropical Est. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 49(3), 407-417.
- ICCAT, 1998. Rapport de la période biennale 1998-1999. I^{re} partie, vol. 2, 261 p.
- Goujon M., 1998. Accord des producteurs de thon congelé pour la protection des thonidés de l'Atlantique : résultats pour la flottille française. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 49(3), 477-482.

Session 5

Biologie et comportement agrégatif des poissons pélagiques

Biology and behaviour of pelagic fish aggregations

Session 5

Biologie et comportement agrégatif des poissons pélagiques

Président : Patrice Cayré - Rapporteur : Kim N. Holland

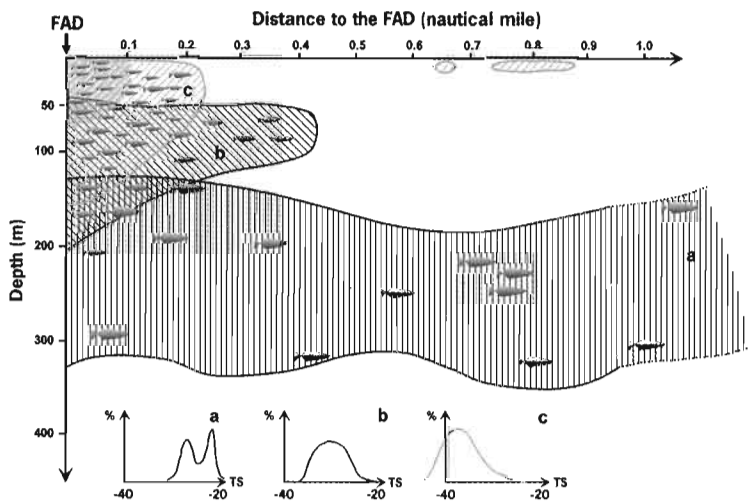
Aggregations at FADs are a specific form of the more general phenomenon of schooling behaviour in these species.

The papers presented in this session showed empirical results of various experiments and also 'conceptual' papers that attempted to use the current state of knowledge to construct hypotheses for testing in future research.

Starting with a keynote presentation stating and comparing the most reliable hypothesis explaining the functional role of aggregation under floating objects, it became clear that we still know too little about the mechanisms of school formation and dissolution and overall role of schooling in the biology of tunas.

One general agreement that emerged was that sufficient descriptive data now exist (especially for deep-water anchored FADs) that the research emphasis should shift to constructing and testing specific hypotheses concerning the mechanisms and adaptive significance (if any) of these aggregations. This testing can be accomplished through a combination of mathematical modelling and empirical observations and experimentation.

A typology of the aggregation feature under FADs as a function of depth was presented (see figure).



Source: Josse F, Bertrand A., Dagorn L., 1999. *Aquat. Living Resour.*, 12(5), 303-313.

Several different sources of data indicate that there is temporal structure to the dynamics of fish aggregations at all types of deep-water FADs. These temporal dynamics can be observed both on a daily basis and over longer periods of time. Sonic tracking and acoustic surveys indicate that the behaviour of individual fish and the three-dimensional geometry of the entire aggregation change on a diurnal basis. Also, catch statistics show that the size and species caught around logs change over repeated sets occurring over several days. There was a consensus that increased attention to these temporal phenomena - species composition, fish size, vertical and horizontal distributions, timing of feeding events, *inter alia* - could be a very productive avenue for future research. It was also agreed that a better understanding of the temporal aspects of aggregations might allow commercial FAD fishing to continue on a more species-selective basis and with fewer by-catch problems than currently exist.

This session also served to emphasise that there are different types of FADs which service different fisheries. Therefore, although some general biological principles may apply to all types, it is important to remain aware of the different types of FAD and to not necessarily generalize results from one type to another. Also, the amount and quality of existing data vary for the different types of FAD. The types are: (1) fixed (anchored) deep-water FADs, (2) drifting deep-water FADs, (3) shallow-water, nearshore FADs which target small coastal pelagic fishes. In the case of nearshore FADs, species composition is different than for deep-water FADs and the biological phenomena may also be different. Although, nearshore FADs may in some ways be easier to study, it became apparent that there are few data for this type of FAD. Possibly, this is because nearshore FADs are of less commercial importance. Nevertheless, the topic of nearshore FADs evoked considerable input from fishermen of West Indies (namely from Martinique) attending the conference. An experience of nearshore FAD settlement to replace fishing practices from the beach affecting early juveniles was related; though not yet conclusive such experiments and more generally a special attention could be given worldwide to the topic of nearshore FADs.

A fourth FAD type is the fishing-boat FAD which uses bait and lights to hold tuna aggregations during periods of several weeks. This aggregation has considerable commercial importance and may have a very important research potential for elucidating certain aggregation phenomena, especially school fidelity and the temporal aspects of aggregations.

Most deep-water FADs are designed for tuna fisheries but several papers highlighted the importance of FADs in dolphinfish (*Coryphaena*) fisheries. In the Caribbean, questions still remain as to the source of fish and the source of the logs that aggregate them. It was suggested that an expanded tag-and-release programme in the Central Atlantic might answer these questions. The participants were impressed with the

dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) fishery of the Mediterranean Sea which targets young-of-the-year animals with observed by-catch of various species including juveniles of bluefin tunas.

Not all the papers painted FADs as a positive phenomenon; concern was expressed about the heightened vulnerability of small-size classes of various tuna species and the possibility of FADs interrupting traditional movement patterns of both tuna and dolphinfish. Responding to question, it was noted that although the total weight of tuna taken from the Tropical Eastern Atlantic had remained constant, the mean size of individual fish had declined. This perhaps indicated increased competition for feeding among individuals and/or an overexploitation of the populations as result of the huge number of artificial drifting FADs deployed in that part of the ocean. Along similar lines, papers describing recent tag-and-recapture data from Hawaii reinforced the interpretation that FADs represent points of very increased capture vulnerability for tuna. Data from Japan indicated that the direction of prevailing currents influenced the effectiveness of FADs in that region. In response to questions, it was suggested that this was because the certain currents carried the fish to the FADs where they aggregated.

General areas for future research identified by the participants included:

- the various temporal aspects of aggregations at different FAD types;
- spatial distribution and behavioural interactions of different species and size classes at FADs;
- investigation of the trophic interactions at FADs and the role of FADs in feeding success;
- elucidation of the sensory and behavioural components that underlie navigation and orientation to FADs.

Déterminisme du comportement associatif des poissons pélagiques : les hypothèses à l'épreuve des faits¹

Pierre Fréon^(1*), Laurent Dagorn⁽²⁾

(1*) Corresponding author, IRD Research Associate at MCM and UCT, MCM, Private Bag X2, Rogge Bay, 8012, Cape Town, South Africa - pfreon@sfri.wcape.gov.za

(2) IRD, centre de Montpellier, BP 5045, 34032 Montpellier Cedex 1, France

Les poissons pélagiques, et tout particulièrement les thons, sont connus pour s'associer avec des objets flottants, des monts sous-marins, d'autres espèces de poissons pélagiques, des mammifères marins, ou même à des bateaux en dérive ou en déplacement lent. Malgré la réalisation de nombreux travaux qui ont permis de décrire certaines caractéristiques du comportement des individus, des groupes, voire de la population vis-à-vis de ces « attracteurs », le déterminisme de ces associations reste encore inconnu.

Différentes hypothèses ont été avancées pour expliquer l'association des thons aux objets flottants, sans qu'aucune ne puisse être entièrement confortée, ni qu'aucun consensus n'apparaisse. Ces hypothèses sont ici passées en revue et soumises à l'épreuve des faits afin de tenter d'invalider les moins plausibles et de proposer des recommandations de recherche afin de conforter les plus crédibles.

- L'hypothèse de la **concentration de nourriture** est relativement ancienne et usuellement attribuée à Kojima (1956), bien que ce dernier l'ait émise initialement pour des prédateurs non grégaires, tels que les dorades coryphènes. Elle a été ensuite étendue aux objets flottants dérivants (Bard *et al.*, 1985) puis aux objets ancrés (Holland *et al.*, 1990). L'hypothèse stipule que la présence d'un objet favorise l'accumulation de proies, qui sont elles-mêmes attirées par l'objet (petits pélagiques) ou utilisent cet objet comme habitat (poissons démersaux ou de récif). De nos jours, cette hypothèse n'est plus considérée comme étant valable pour les bancs de thons dont les besoins énergétiques sont trop élevés (Olson & Boggs, 1986; Holland *et al.*, 1990).

- L'hypothèse de la **référence spatiale** est due à Klima & Wickham (1971) qui postulent qu'un objet flottant ou une structure submergée procure une référence spatiale à partir de laquelle le poisson peut s'orienter dans un environnement qui, sinon, serait non structuré. De nombreux auteurs ont ensuite développé cette hypothèse (Cayré, 1990; Klimley & Holloway, 1999), en particulier pour les objets ancrés, à partir d'études par télémétrie acoustique montrant un comportement

1. Cette communication fait l'objet d'une publication par les mêmes auteurs, soumise à "Review in Fish Biology and Fisheries" (sous presse).

de « homing » des poissons par rapport à ces objets. Ce comportement n'est cependant pas antagoniste avec les autres hypothèses et on ignore s'il s'applique aussi aux objets dérivants.

- L'hypothèse de **confort** revient à Batalyants (1992) qui considère que les thons et les autres prédateurs restent auprès des objets flottants afin de se reposer et régénérer leur énergie après une phase de recherche de nourriture. L'hypothèse se fonde sur l'examen des contenus stomacaux d'individus capturés auprès de l'objet. Toutefois, la régurgitation des proies par les thons lors de leur capture a été une source de difficulté au cours de cette étude. Par ailleurs, d'autres études similaires aboutissent à des conclusions différentes (Buckley & Miller, 1994). De plus, l'auteur n'indique pas pourquoi les thons préféreraient se reposer autour d'un objet plutôt qu'ailleurs.

- L'hypothèse de l'**objet indicateur** revient initialement à Stuntz (1981) et Hall (1992), et a été ensuite développée par Bakun (1996). Les objets flottants seraient des indicateurs de masses d'eaux riches en proies du fait que, d'une part, les objets naturels proviennent de zones côtières riches (estuaires, mangroves) et restent associés à ces dernières et que, d'autre part, ils ont tendance à être concentrés par des processus de rétention qui accumulent également des proies des thons (ou du plancton dont s'alimentent ces proies). L'association des thons aux objets serait donc l'aboutissement d'un processus de sélection naturelle, du fait que la proximité des objets signifierait une probabilité plus grande de trouver des proies. Cette hypothèse suppose qu'il est plus facile pour les thons de détecter un objet et d'y rester associé que de détecter directement leurs proies, ce qui reste à prouver.

- L'hypothèse du **point de rencontre** a été avancée initialement par Dagorn (1994), puis étayée par Fréon & Misund (1999), et enfin simulée par Dagorn & Fréon (1999). Elle stipule que les thons isolés ou en petits groupes utilisent les objets flottants comme points de rencontre afin d'augmenter la probabilité de trouver d'autres individus et former des bancs atteignant une masse critique, permettant une meilleure défense contre les prédateurs et une amélioration de l'alimentation. L'hypothèse se fonde sur le prérequis qu'un thon peut détecter à plus grande distance un objet qu'il ne peut détecter un autre poisson ou un petit banc, et que ces objets sont moins nombreux dans le milieu que les poissons isolés et les petits bancs. Cette hypothèse est confortée par la taille plus grande des bancs associés (Ariz Telleria *et al.*, 1999), par l'augmentation dans le temps de la taille des bancs sous objets flottants (effet « boule de neige ») et par l'arrivée de petits bancs suivie de celle des gros (Leontiev, 1992). Elle expliquerait également la prédominance des petits individus sous les objets. En effet, ces derniers souffrent d'une prédation plus forte que leurs aînés, nécessitent plus d'individus pour atteindre la biomasse critique du banc et ont, de ce fait, tendance à se désagréger plus facilement (prédation, recherche de nourriture ou faible vision de nuit).

L'hypothèse du **point de rencontre** a été généralisée à d'autres types d'associations entre : (i) thons et monts sous-marins (ii) thons et dauphins (iii) thons et baleines (iiii) poissons pélagiques côtiers et objets flottants (Fréon & Dagorn, 2000). Elle pourrait s'appliquer également à des animaux terrestres (oiseaux, insectes).

En dépit du manque de preuves expérimentales permettant de trancher entre ces hypothèses, celles de l'**objet indicateur** et du **point de rencontre** nous semblent les plus crédibles. Elles ne sont d'ailleurs pas antagonistes. Nous explorons quelques voies de recherche permettant de mieux cerner leur validité.

Tableau - Les cinq hypothèses majeures avancées pour expliquer pourquoi les poissons pélagiques s'agrègent autour d'objets flottants ou de monts sous-marins : arguments pour, contre, propositions de test.

1 - Refuge contre des prédateurs		
Associés	- Thons et objets flottants (Suyehiro, 1952) - Petits poissons pélagiques et objets flottants (Soemarto, 1960)	
Énoncé	L'objet peut être utilisé par les proies comme refuge	
Pour	Contre	Test
Des objets flottants peuvent procurer des cachettes pour des poissons de petites tailles	D'autres objets ne procurent pas de cachettes et attirent néanmoins des poissons	
Des petits poissons convergent vers l'objet quand ils sont menacés par des prédateurs	Même de grands objets ne peuvent pas représenter un refuge pour tous les individus d'un banc Des observations visuelles et des expérimentations de télémétrie acoustique indiquent que la plupart des espèces n'ont pratiquement jamais été observées juste en dessous des objets flottants	Étudier le comportement de défense de poissons menacés
2 - Concentration de nourriture		
Associés	- Poissons prédateurs solitaires et, plus tard, thons et objets flottants (Kojima, 1956). - Thons et monts sous-marins (Boehlert & Genin, 1987)	
Énoncé	Un objet flottant ou un mont sous-marin agrège des proies sur lesquelles des grands poissons pélagiques peuvent s'alimenter	
Pour	Contre	Test
Concentrations de proies observées autour d'objets flottants et de monts sous-marins	La biomasse de proies autour d'objets flottants n'est pas assez grande pour alimenter plusieurs tonnes d'espèces grégaires	
Observations <i>in situ</i> de prédation de petites proies associées à des objets flottants ou à des monts sous-marins par des poissons prédateurs solitaires	Certaines espèces ne s'alimentent jamais quand elles sont associées à des monts sous-marins (e.g. requins marteaux pendant le jour)	Pas nécessaire selon nous : - hypothèse valide pour des prédateurs solitaires et des objets flottants ; - valide pour certains monts sous-marins ; - évidemment non valide pour les espèces grégaires

3 - L'objet flottant indicateur de richesse du milieu

Associés	-Thons et objets flottants (Stuntz, 1981 ; Hall, 1992 ; Bakun, 1996)
Énoncé	Les objets flottants naturels sont souvent des indicateurs de zones productives

Pour	Contre	Test
L'association des thons avec n'importe quel objet flottant peut résulter d'un processus évolutif au cours duquel les thons utilisent ces indicateurs pour rester en contact avec des eaux riches	Il n'est pas évident que les objets flottants soient plus faciles à détecter que des proies	- Comparer la distance de détection des proies et des objets flottants par les thons - Études physiologiques sur le comportement d'alimentation, couplées à des expérimentations de télémétrie acoustique - Comparer la densité en proies de zones avec et sans objets flottants naturels

4 - Orientation spatiale

Associés	-Petits poissons pélagiques et, plus tard, thons et objets flottants (Klima & Wickham, 1971) -Monts sous-marins et requins (Klimley <i>et al.</i> , 1988)
-----------------	--

Énoncé	Objets flottants, structures sous-marines et monts sous-marins procurent des références spatiales autour desquelles les poissons peuvent s'orienter dans un environnement pélagique non structuré
---------------	---

Pour	Contre	Test
Pas de référence évidente dans l'environnement pélagique	Pas évident pour l'homme, mais les poissons peuvent utiliser d'autres sens que la vision pour l'orientation	Études sur l'orientation des thons, par transfert d'objet ou de poisson marqué par exemple, en supprimant éventuellement des sens au poisson
	Difficile à imaginer pour des objets flottants dérivants	Comparer le comportement associatif des thons autour d'objets ancrés et dérivants
Les monts sous-marins peuvent être des repères pour des poissons en migration	Cette hypothèse n'explique pas pourquoi certains requins montrent une fidélité à une petite partie du mont sous-marin	Des longs suivis de poissons (plusieurs semaines ou mois) à l'intérieur d'un réseau d'objets flottants (stations d'écoute)

5 - Point de rencontre

Associés	-Thons et objets flottants (Dagorn, 1994; Fréon & Misund, 1999; Fréon & Dagorn, 1999)	
Énoncé	Les rhons peuvent utiliser les objets flottants pour augmenter le taux de rencontre entre individus isolés ou entre petits bancs et d'autres bancs	
Pour	Contre	Test
L'association des thons avec n'importe quel objet flottant peut résulter d'un processus évolutif ou d'apprentissage dans lequel les thons utilisent ces points pour trouver des congénères sans dépenser trop d'énergie dans une recherche active	Il n'est pas évident que les objets flottants soient plus facilement détectables que les congénères	Comparer la distance de détection d'un objet flottant et de congénères par les thons
Vivre en bancs est une nécessité impérative pour beaucoup d'espèces pélagiques. Le comportement associatif est principalement observé dans les situations de faible densité		Approche comparative entre zones, avec des densités d'espèces contrastées
La biomasse augmente avec le temps (effet « boule de neige ») autour des objets flottants		Comparaison simultanée des dynamiques de bancs libres et associés dans une même zone
Les petits thons, qui sont plus sensibles à la prédation, ont besoin d'un plus grand nombre d'individus pour atteindre des biomasses de bancs critiques et peuvent ainsi avoir plus de difficultés à maintenir leur cohésion; ils sont plus souvent associés à des objets flottants que les grands thons		
Les tailles des bancs associés sont plus grandes que celles des bancs libres, ceci étant observé dans diverses situations		Comparaison de la taille moyenne de tous les bancs dans des habitats avec des densités différentes d'objets flottants
Différents processus de dispersion d'individus en bancs existent et l'avantage d'utiliser un objet comme point de rencontre a été simulé avec succès		

Table - The five major hypotheses advanced to explain why pelagic fishes aggregate around floating objects or seamounts: pros, cons, and tests.

1 - Shelter from predator		
Associates	<ul style="list-style-type: none"> • Tuna & floating objects (Suyehito, 1952) • Small pelagic species & floating objects (Soemarto, 1960) 	
Statement	The object can be used by the prey as a refuge	
Pros	Cons	Test
Some objects can provide hiding place for small fish	Other objects don't and still attract fish	
Small fish converge to the object when threatened by predators	Even large object cannot provide shelter for all the individuals in a school	Study the defensive behaviour of threatened fish
	Visual observation and sonic tracking experiments indicate that most species were practically never observed right under the floating objects	
2 - Concentration of food supply		
Associates	<ul style="list-style-type: none"> • Solitary predator fish and later tuna & floating objects (Kojima, 1956) • Tuna & seamounts (Boehlert & Genin, 1987) 	
Statement	A floating object or a seamount aggregates prey in its close vicinity on which large fish could prey	
Pros	Cons	Test
Prey concentration observed around floating objects and seamounts	The prey biomass around floating objects is not big enough to provide food for several tons of schooling species	
<i>In situ</i> observations of predation by solitary predator fish on small prey associated to floating objects or seamounts	Some species never forage when associated to seamounts (e.g. scalloped hammerhead sharks during the day)	Unnecessary in our view: <ul style="list-style-type: none"> • Valid hypothesis for solitary predator and objects • Valid for some seamounts • Obviously invalid hypothesis for schooling fish
3 - Indicator log		
Associates	• Tuna & floating objects (Stuntz, 1981 ; Hall, 1992 ; Bakun, 1996)	
Statement	Natural floating objects are often indicators of productive areas	
Pros	Cons	Test
The association of tuna with any floating object can result from an evolutionary process, where tuna use these indicators to stay in contact with rich waters	It is not obvious that floating objects are more easily detected than prey	<ul style="list-style-type: none"> • Compare the range of detection of prey and floating objects by tuna • Physiological studies on feeding behaviour coupled with tracking • Compare the prey density in areas with and without natural floating objects

4 - Spatial orientation

Associates	<ul style="list-style-type: none"> • Small pelagic fish and later tuna & floating objects (Klima & Wickham, 1971) • Seamounts & sharks (Klimley <i>et al.</i>, 1988) 	
Statement	Floating objects, underwater structures or seamounts provide spatial references around which fishes can orient in the otherwise unstructured pelagic environment	
Pros	Cons	Test
No obvious references in the pelagic environment	Not obvious for human, but fish can rely on other senses than vision for orientation	Studies on tuna orientation, by translocation of object or tagged fish for instance, and/or enabling some senses
	Difficult to imagine for moving floating objects such as drifting logs	Compare tuna associative behaviour relative to anchored and drifting FADs
Seamounts could well be benchmarks for migrating fish	This hypothesis does not explain why sharks display fidelity to a small part of the seamount	Long tracks of fish (several weeks or months) inside networks of identified floating objects (listening stations)

5 - Meeting point

Associates	<ul style="list-style-type: none"> • Tuna & floating objects (Dagorn, 1994; Fréon & Misund, 1999; Fréon & Dagorn (MS)) 	
Statement	Tuna can make use of floating objects to increase the encounter rate between isolated individuals or small schools and other schools	
Pros	Cons	Test
The association of tuna with any floating object can result either from an evolutionary process or from a learning one, where tuna use these points to find conspecifics without wasting energy in active searching	It is not obvious that floating objects are more easily detected than conspecifics	Compare the range of detection of floating objects and conspecifics by tuna
Schooling is an imperative necessity for many pelagic fish species. Associative behaviour is mainly observed in cases of low density		Comparative approach in areas/species of contrasted density
Biomass increases with time ("snowballing effect") around floating objects		Simultaneous comparison of the dynamics of associated and free-swimming schools in the same area
Small tuna, which are more sensitive to predation, require a higher number of individuals to reach the critical school biomass and therefore can break their unity easily; they are more often associated to floating objects than large tuna		
Greater size of log-associated schools as compared to free-swimming schools, observed in many instances		Comparison of mean school size of all the schools in habitats with different densities of floating objects
Different processes of dispersion of fish in school exist and the advantage of using an object as a meeting point has been successfully simulated		

Références bibliographiques

- Ariz Telleria J., Delgado de Molina A., Fonteneau A., Gonzales Costas F., Pallarès P., 1999. Logs and tunas in the Eastern Tropical Atlantic: a review of present knowledge and uncertainties. *In*: International workshop on the ecology and fisheries for tunas associated with floating objects and on assessment issues arising from the association of tunas with floating objects. Scott H.D., Bayliff W.H., Lenner-Cody C.E. & Schaefer K.M. (comp.). Spec. Rep. 1-ATTC, 11, 21-65.
- Bakun A., 1996. Patterns in the ocean: ocean processes and marine population dynamics. University of California Sea Grant, San Diego, CA, USA and Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, Baja California Sur, Mexico.
- Bard F.-X., Stretta J.-M., Slepoukha M., 1985. Les épaves artificielles comme auxiliaires de la pêche thonière en océan Atlantique. Quel avenir? *Pêche Marit.*, 64(1291), 655-659.
- Batalyants K.Y., 1992. On the hypothesis of comfortability stipulation of tuna association with natural and artificial floating objects. *Recl. Doc. Sci. ICCAT*, 40(2), 447-453.
- Boehlert G.W., Genin A., 1987. A review of the effects of seamount on biological processes. *In*: Seamounts, Islands and Atolls. Keating B.H., Fryer P., Batiza R. & Boehlert G.W. (eds). *J. Mar. Res.*, 43, 319-334.
- Buckley T.W., Miller B.S., 1994. Feeding habits of yellowfin tuna associated with fish aggregation devices in American Samoa. *Bull. Mar. Sci.*, 55(2-3), 445-459.
- Cayré P., 1990. Dispositifs de concentration de poissons et pêche artisanale. *In*: Actes de la conférence thonière régionale. Commission de l'océan Indien, Le Gall J.-Y., Reviers (de) X. & Roger C. (eds). *Colloq. Sémin. Inst. Fr. Rech. Sci. Dév. Coop. Orstom*, 54-64.
- Dagorn L., 1994. Le comportement des thons tropicaux modélisé selon les principes de la vie artificielle. Thèse de l'Ensar. *Trav. Doc. Microéd. Orstom*, 133.
- Dagorn L., Fréon P., 1999. Tropical tuna associated with floating objects: a simulation study of the meeting point hypothesis. *Can. J. Fish Aquat. Sci.*, 56(6), 984-993.
- Fréon P., Dagorn L., 2000. Review of fish associative behaviour: towards a generalisation of the meeting point hypothesis. *Rev. Fish. Biol.* (in press).
- Fréon P., Misund O.A., 1999. Dynamics of pelagic fish distribution and behaviour: effects on fisheries and stock assessment. *Fishing News Books, Blackwell Science Ltd, Oxford*, 348 p.

- Hall M., 1992. The association of tunas with floating objects and dolphins in the Eastern Pacific Ocean. VII: Some hypotheses on the mechanisms governing the association of tunas with floating objects and dolphins. *In: Proceedings of the international workshop on the ecology and fisheries for tunas associated with floating objects.* Scott M.D., Bayliff W.H., Lennert-Cody C.E. & Schaefer K.M. (comp.). Spec. Rep. I-ATTC, 11, 6 p. Backgr. Pap.
- Holland K.N., Brill R.W., Chang, R.K.C., 1990. Horizontal and vertical movements of pacific blue marlin captured and release using sport fishing gear. *Fish. Bull.*, 88, 397-402.
- Klima E.F., Wickham D.A., 1971. Attraction of coastal pelagic fishes with artificial structures. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 1, 86-99.
- Klimley A.P., Butler S.B., Nelson D.R., Stull A.T., 1988. Diel movements of scalloped hammerhead sharks, (*Sphyrna lewini* Griffith and Smith), to and from a seamount in the Gulf of California. *J. Fish. Biol.*, 33, 751-761.
- Klimley A.P., Holloway C.F., 1999. School fidelity and homing synchronicity of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*. *Mar. Biol.*, 133, 307-317.
- Kojima S., 1956. Fishings for dolphins in the western part of the Japan Sea. II. Why do the fish take shelter under floating materials? *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 21(10), 1049-1052.
- Leontiev S.V., 1992. Characteristics of formation and behaviour of associated aggregations of tunas in the Western Indian Ocean. *In: Proceedings of the international workshop on the ecology and fisheries for tunas associated with floating objects.* Scott M.D., Bayliff W.H., Lennert-Cody C.E. & Schaefer K.M. (comp.). Spec. Rep. I-ATTC, 11. Backgr. Pap.
- Olson R.J., Boggs C.H., 1986. Apex predation by yellowfin tuna (*Thunnus albacares*): Independent estimates from gastric evacuation and stomach contents, bioenergetics, and cesium concentrations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 43(9), 1760-1775.
- Soemarto, 1960. Fish behaviour with special reference to pelagic schooling species: Lajang (*Decapterus* spp.). 8th Proc. Indo-Pac. Fish. Counc., 3, 89-93.
- Stuntz W.E., 1981. The tuna-dolphin bond: a discussion of current hypotheses. NOAA La Jolla, Southwest Fisheries Center. National Marine Fisheries Service, Admin. Rep., LJ, 81-19.
- Suyehiro Y., 1952. Textbook of ichthyology [in Japanese]. Iwanami Shoten, Tokyo.

Current, catch and weight composition of yellowfin tuna with FADs off Okinawa Island, Japan

Shinichiro Kakuma

Okinawa Fisheries Experimental Station, 1-3-1 Nishizaki, Itoman, Okinawa, Japan
skakuma@fish.pref.okinawa.jp

Abstract

Yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) is a main target for the fisheries at Fish Aggregating Devices (FADs) off the south of Okinawa Island. Catch and weight composition of the tuna were monitored at a fisheries cooperative market from 1989 to 1998. Some distinct weight groups (considered to represent cohorts) appeared in the catch and the weight of these groups increased monthly presumably as individual tuna grew. Although small, light weight fish were caught year-round, the 2 kg-weight group that was recruited in May grew to about 15 kg by May of the next year. There was a significant seasonal cycle in the monthly catch. The catch of heavier weight groups decreased in winter indicating the tuna moved out of this FAD area. There was also a large fluctuation in the annual catch. The number of 15 kg-weight group in May and the annual catch of that year were significantly correlated.

At one of huge FADs (nirai), fifteen nautical miles southeast of Okinawa Island (depth about 1 300 m), a current meter (Aanderaa RCM-7) recorded current and water temperature from June 1995 to March 1996. The current meter was attached to the FAD at 4 m depth. When typhoons attacked Okinawa, the water temperature drastically dropped. Typically, average current speed was 29 cm/s and eastward current was most frequent. Being affected by tide, the current was averaged over twenty-five hours. Current speed was correlated with the yellowfin catch in 120 daily sets at the FAD; the weaker the current speed, the greater the catch. Although not significant, the catch was greater with northeastward current than with southwestward current.

Weight composition analysis

Yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) is a main target for the FAD fisheries in Okinawa. However, very little is known about its migrating pattern or aggregating behaviour with FADs. Particularly, those behaviours may change with size or age of the fish.

Although spawning occurs year-round (Suzuki, 1991), yellowfin in Okinawan waters have distinct size groups. The data of weight of the fish is far easier to obtain than the data of the length. So, we gathered the weight data to better understand the migration, the aggregation behaviour with FADs and the growth of yellowfin.

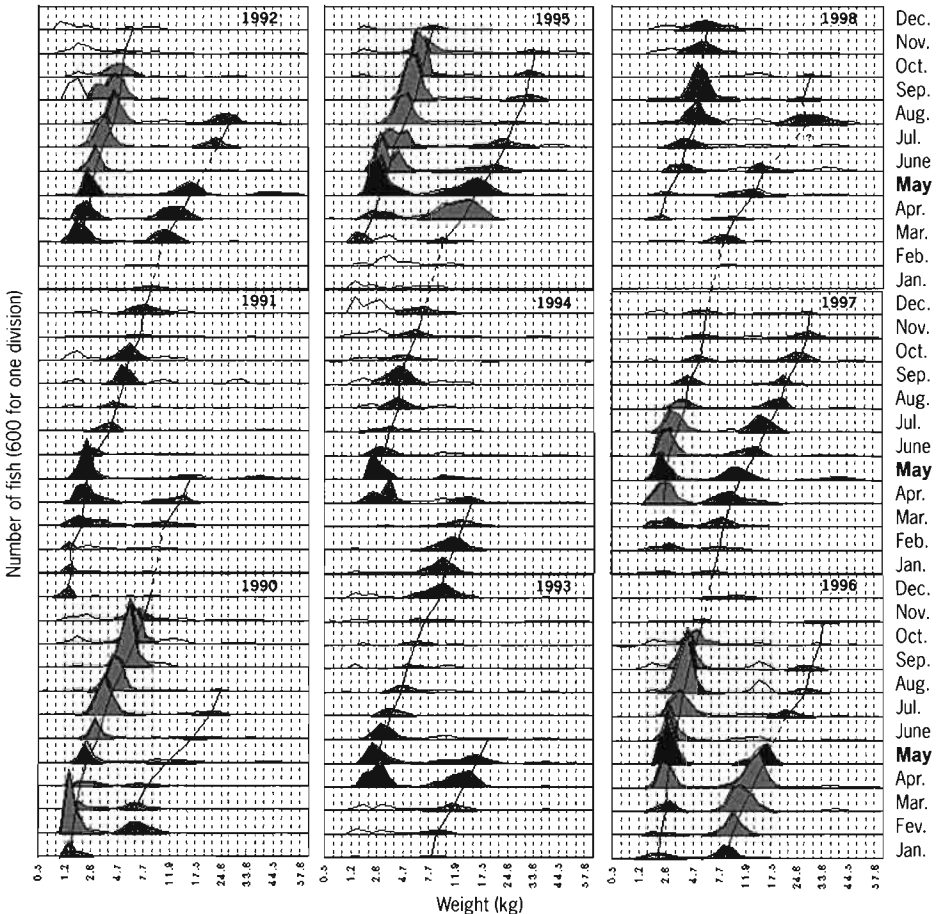
Material and methods

At Itoman Fisheries Cooperative (FC), southern Okinawa Island, catch records of FAD fisheries have been stored in a computer. Large yellowfin are auctioned individually while smaller ones are sorted into similar size groups, then auctioned. The weight of the groups and the number of the fish in each group were recorded. The weight of the group was divided by the number of the fish to obtain an average weight of the fish in the group. The weight data of 237,264 yellowfin caught from 1989 to 1998 was used. The length from 30 cm to 150 cm was divided into 32 strata with intervals of four centimetres. Then the weight was stratified so that each boundary weight corresponds to the boundary length. The number of the fish in every stratum was counted monthly to determine the weight composition.

Figure 1
Weight composition of yellowfin. One division of Y axis indicates the number of fish caught in that month (600 max). Hatched modes are G-May-2 kg and G-May-15 kg. The modes in May are hatched in black.

Results

In the weight composition from January 1990 to December 1998, some weight groups (considered to represent cohorts) appeared in the catch and the weight of these groups increased monthly presumably as individual tuna grew (fig. 1).

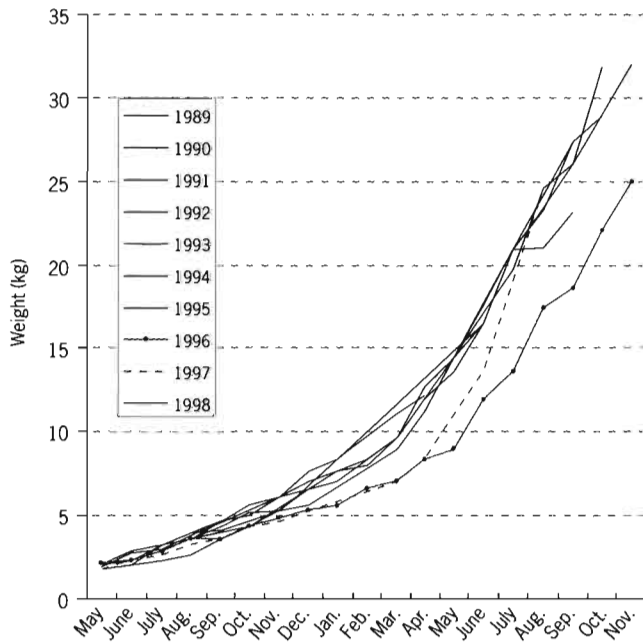


Discussion

The modes of weight groups that were about 2 kg in May are clearly identified in all years and they continued to be clear until October or November (hereafter, these groups are called G-May-2kg). In winter, the catch of the weight groups, especially heavier weight groups, decreased. This indicates that those tuna moved out of this FAD area. In May of some of the years, the modes of about 15 kg-weight groups (hereafter G-May-15 kg) are clear. Presumed from growth rate, these groups are the same cohorts of G-May-2 kg. Although light weight groups are caught year-round, G-May-2 kg (=G-May-15 kg) are considered to be main cohorts in Okinawan waters.

Starting from about 2 kg in May, the clear modes of the weight groups in every year demonstrate the growth pattern (fig. 2). From 1989 to 1995, the growth patterns are similar, while in 1996 and 1997, the patterns indicate slower growth rates.

Figure 2
Growth of yellowfin tuna
of G-May-2 kg
and G-May-15 kg.
Dark lines: from 1989
to 1995.
Bright lines: 1996 and 1997.



Comparative growth curves are plotted in figure 3 from: (1) a study in the Central and Western Equatorial Pacific (CWEP) (Lehodey & Leroy, 1999); (2) a study in the Philippines (Yamanaka, 1990); (3) this study (an average from 1989 to 1995) to best fit the monthly weight from 2 kg to 5 kilogrammes. The growth rates among these places might be different. However, if we assume the yellowfin around Okinawa grow as fast as the other two growth curves, then the birth month of G-May-2 kg is back calculated to be November of previous year for CWEP growth curve, and August for the Philippines' growth curve.

Figure 3
Growth curves of yellowfin tuna: the Central and Western Equatorial Pacific (CWEP, bright thin line); the Philippines (bright thick line); and Okinawa (black line with dots).

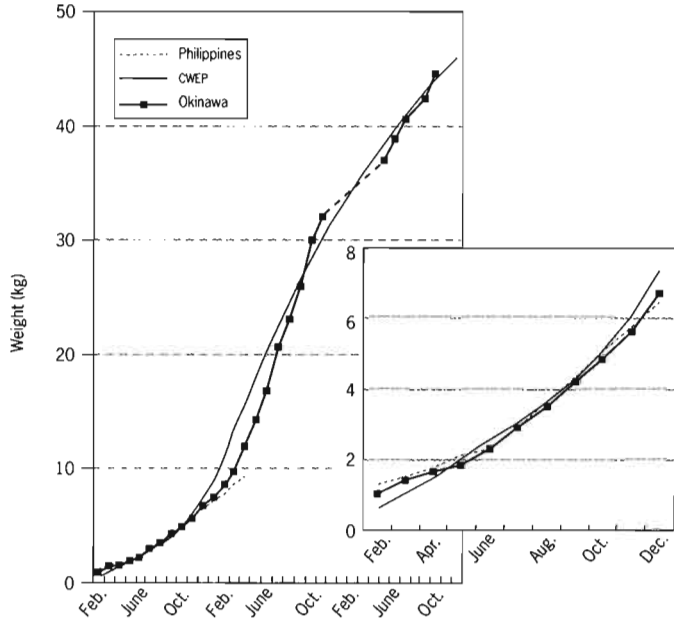
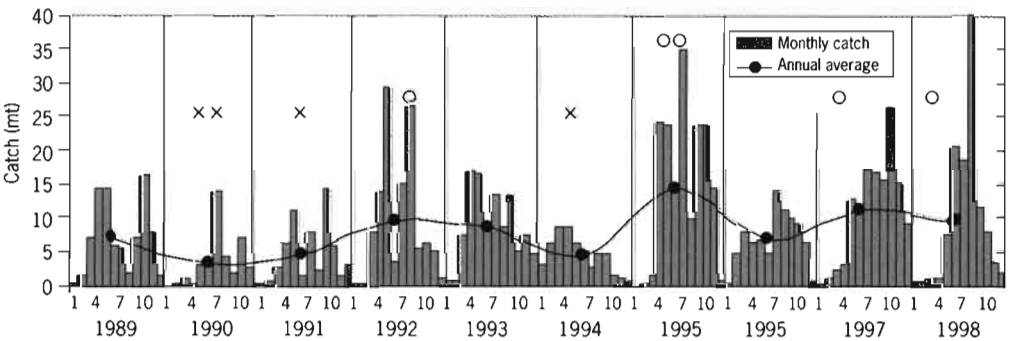


Figure 4
Monthly catch of yellowfin tuna at Itoman. Hatched bars: monthly catch. Curved line with dots: annual average catch. xx: very small catch. x: small catch. o: large catch. oo: very large catch.

Because the prices of larger yellowfin are far higher than smaller ones, the fishermen usually target larger yellowfin. The catch of yellowfin tuna (> 10 kg) fluctuated seasonally and annually (fig. 4). Catches were very small in 1990, small in 1991 and 1994, large in 1992, 1997 and 1998, very large in 1995. Figure 5 shows the yield (instead of the number of the fish) composition using the same weight strata.



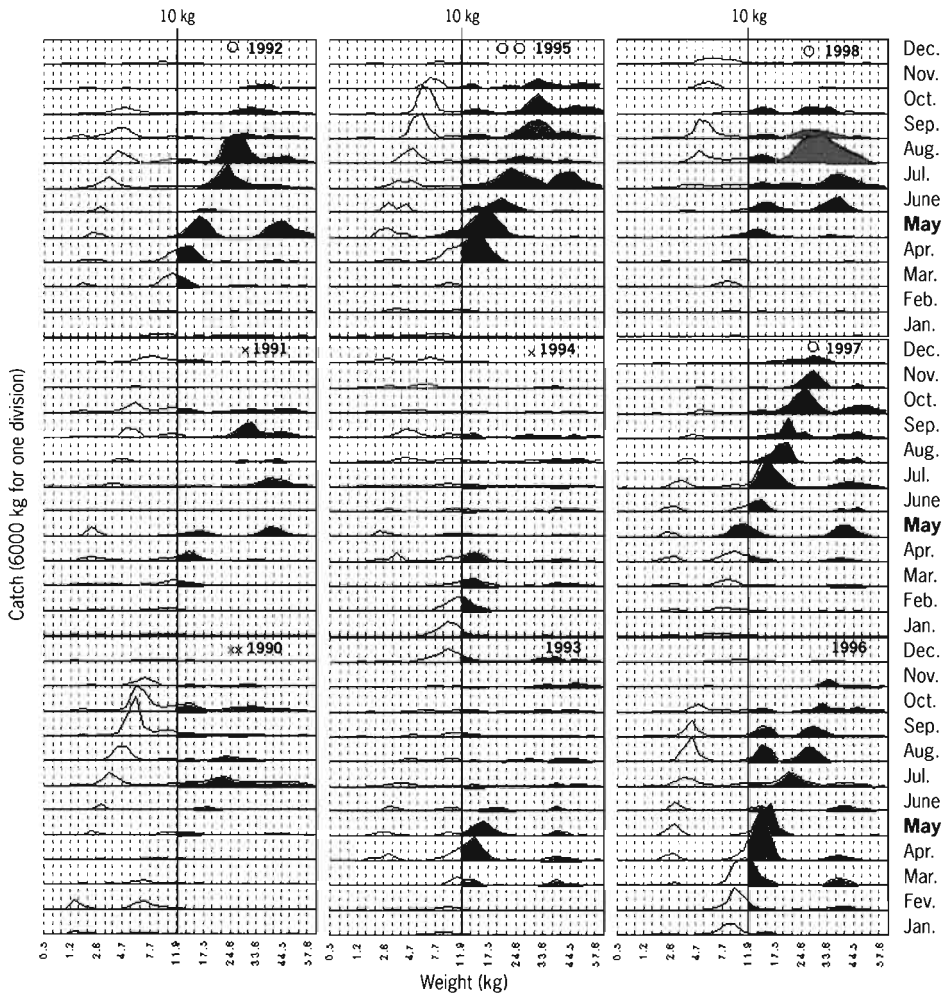
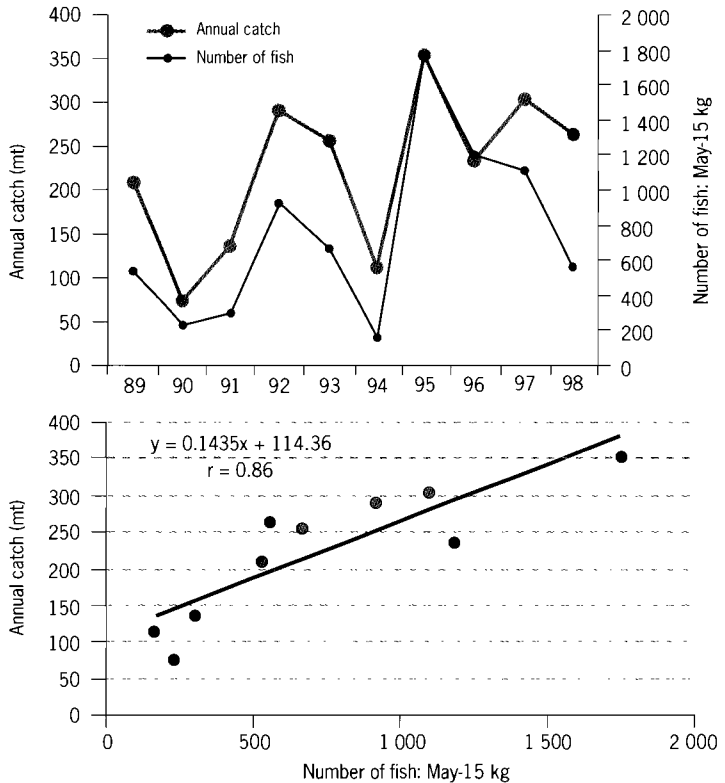


Figure 5
 Weight composition of yellowfin tuna expressed by yield (kg) instead of the number of the fish. One division of Y axis indicates the yield in that month (6000 kg max). Hatched modes are weight groups more than 10 kg. The modes in May are hatched in black.

In the good-catch year (1992, 1995, 1997 and 1998), the catches of G-May-15 kg were large through fishing season (April to October). The number of G-May-15 kg in May and the annual catch of that year are significantly correlated ($p < 0.01$). This correlation is significant not only for the catch of Itoman FC but also the catch of whole southern Okinawa's FCs (fig. 6). This suggests that we can predict the annual catch if we obtain the weight composition at early stage of the fishing season.

The number of G-May-15 kg in May and the number of G-May-2 kg in May in previous year are not significantly correlated ($p > 0.05$). Although they are presumed the same cohorts, the magnitude of migrating schools to Okinawa is probably affected by environmental factors (such as current and/or water temperature) rather than the stock abundance of the cohorts.

Figure 6
The relation between the number of G-May-15 kg in May and the annual catch of that year.
Upper: yearly transition.
Lower: the relation.
The two factors are significantly correlated ($p < 0.01$).



Current and Catch

According to many FAD fishermen, the catch is strongly affected by current or water temperature. However, there have been very few studies on the relation between the catch of FAD fishing and environmental factors.

We have ten huge FADs (nirai) in 1999 that provide suitable platforms for installing current meters. We have measured the current and the water temperature at nirai since 1995, while monitoring the catch around the FADs.

Material and methods

From 15 June to 23 October 1995 and from 27 November 1995 to 12 March 1996, at nirai 1, fifteen nautical miles south-east of Okinawa Island (depth about 1300 m), a current meter (Aanderaa RCM-7) recorded current and water temperature. The current meter was attached to the FAD at 4 m depth. Figure 7 shows the location of nirai 1.

The current speed and direction were compared with the daily yellow-fin catch that was caught by fishermen using nirai 1 and FADs in the vicinity.

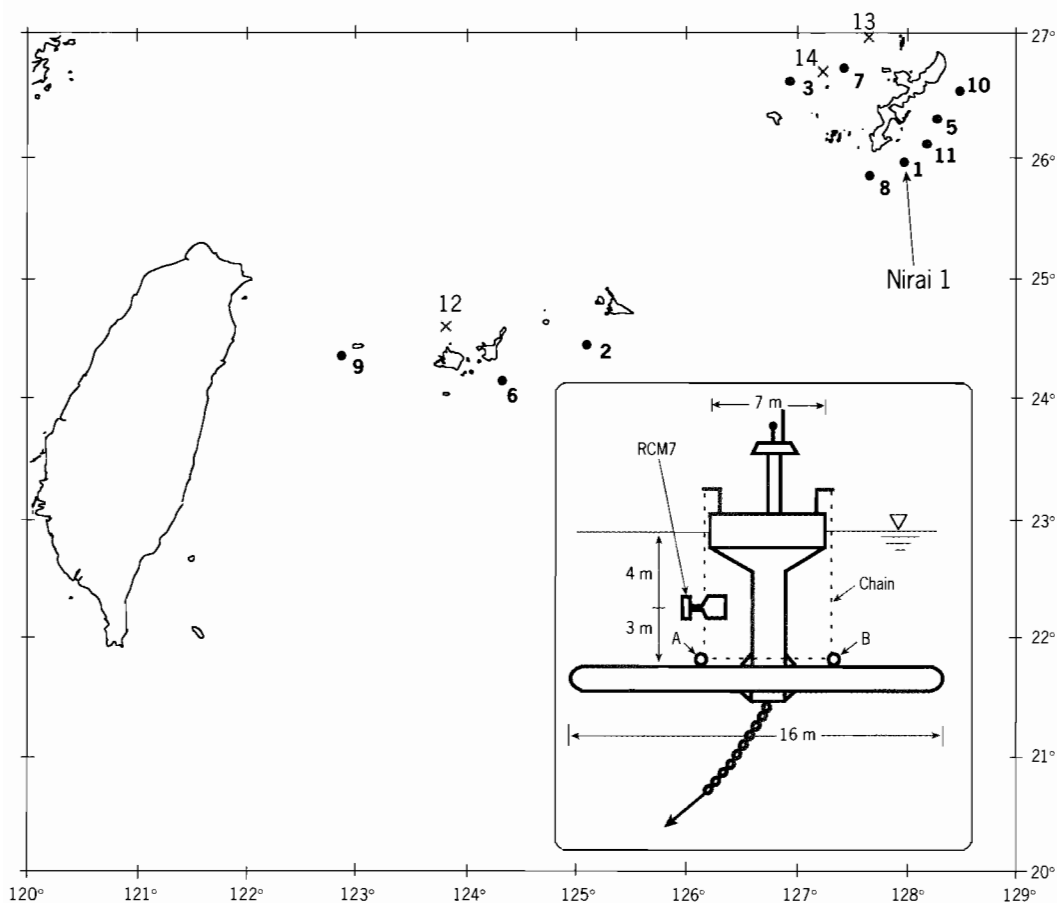


Figure 7
The location and
the configuration of nirai 1.
The current meter was
installed to the nirai
with chains at 4 m depth.

Results

When typhoons attack Okinawa, the surface water temperature drops by the effect of surface water mixing. Figure 8 shows the water temperature at nirai 1. When Typhoon 3 approached to Okinawa Island on 22 July, the temperature drastically dropped about from 30 to 26 degrees centigrade.

Figure 9 shows the current vectors, northward current composition and eastward current composition. Typically, average current speed was 29 cm/s and eastward current was most frequent.

Figure 10 shows the current from 15 June to 25 June 1995. The current was affected by tide, and the current direction turned clockwise in about one day. So, the current was averaged over 25 h, then compared with yellowfin daily catch.

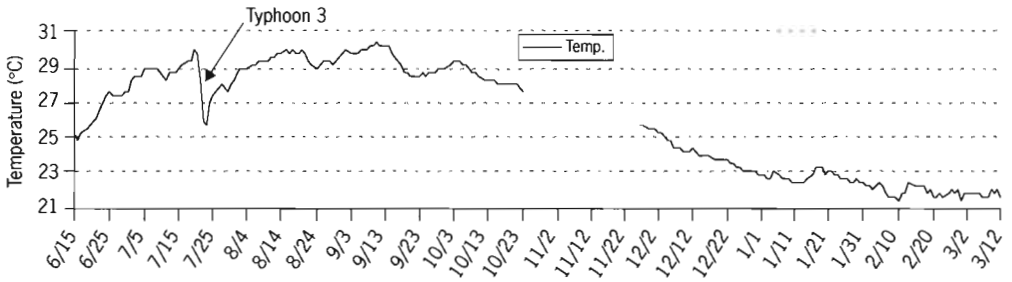


Figure 8 - The temperature at nirai 1 from 15 June 1995 to 12 March 1996. The temperature drastically dropped when Typhoon 3 approached to Okinawa.

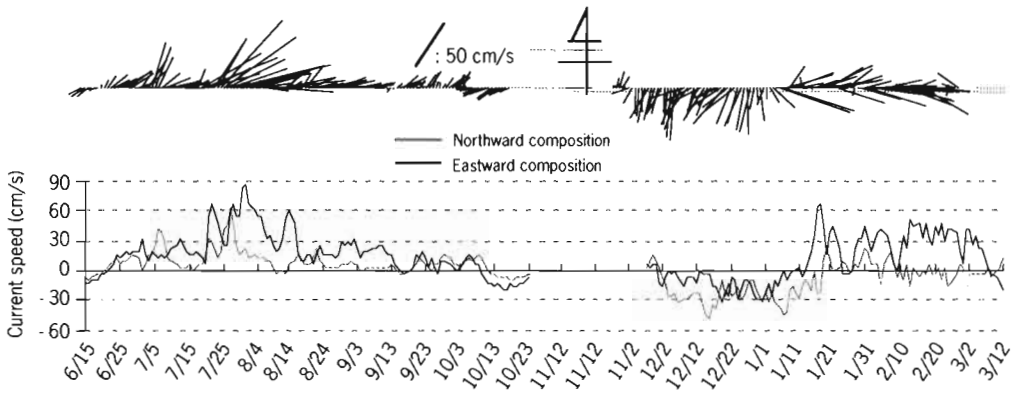


Figure 9 - The current at nirai 1. Upper: expressed with stick diagram. The direction of the sticks indicates the current direction. The length of the sticks indicates the current speed. Lower: northward (bright line) and eastward (dark line) current composition.

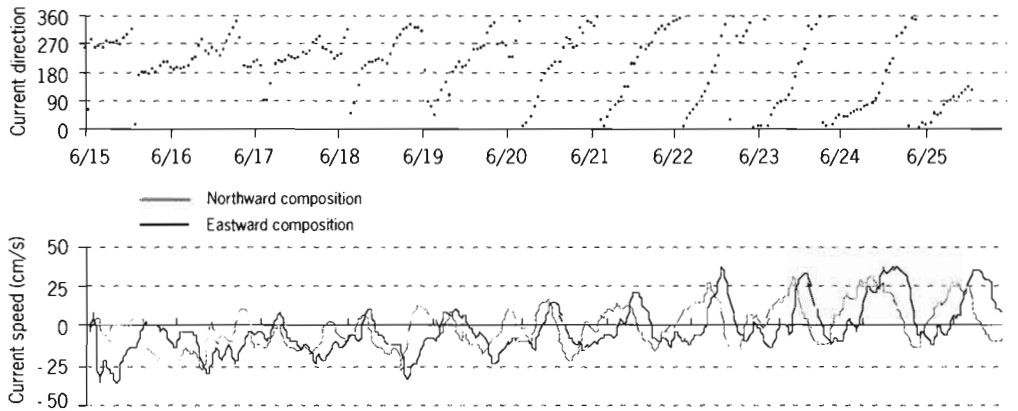


Figure 10 - The current at nirai from 15 June to 25 June 1995. Upper: current direction. The direction turned clockwise in about a day. Lower: The northward (bright line) and eastward (dark line) current composition.

Figure 11 shows the relation between the current speed and the catches. The catches are for two yellowfin tuna weight groups: (1) larger than about 10 kg, and (2) smaller than about 10 kilogrammes. The current speed was stratified to five strata: 0-10; 10-20; 20-30; 30-40; and over 40 centimetres per second. The catches are average catches in the corresponding current speed strata. The current speed was correlated with the yellowfin catch in 120 daily sets, the weaker the current speed, the greater the catch.

Figure 11
The relationships between the current speed and yellowfin tuna catch. The dark line and dark dots indicate yellowfin larger than 10 kg. The bright line and bright dots indicate yellowfin smaller than 10 kg. Both of the groups show negative correlation, the weaker the current speed, the greater the catch.

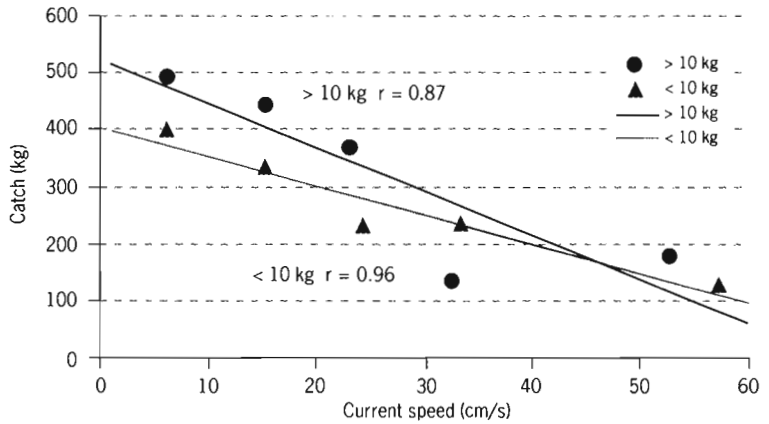
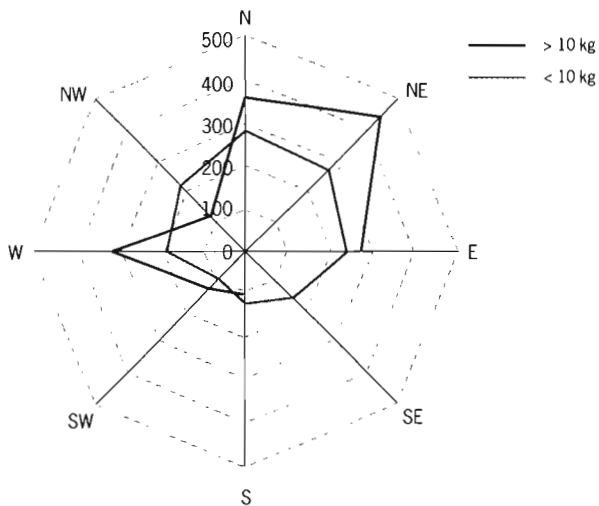


Figure 12 shows the relation between the current direction and the average catches. The current direction was divided into eight groups: N, NE, E, SE, S, SW, W, and NW. Although not significant, the catch was greater with northeastward current than with southwestward current.

Figure 12
The relation between the current direction and yellowfin tuna catch. The dark line: yellowfin larger than 10 kg. The bright line: yellowfin smaller than 10 kg. The farther the lines from the center, the greater the catches.



Discussion

One of the reasons for the negative correlation between the current speed and the catch seems that the yellowfin lost much energy to associate with the FAD against the strong current, assuming without adequate food sources.

Many FAD fishermen in Okinawa say that the catch is good when the current direction is toward the islands. We have not clearly confirmed this yet. However, we have continued measuring the current at nirai 1 or other nirai, and would add better understanding of the relation between the current and the catch.

Bibliographic References

- Lehodey P., Leroy B., 1999. Age and growth of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) from the Western Central Pacific Ocean, as indicated by daily growth increments and tagging data. SPC Work. Pap., SCTB12, YFT-2, 21p.
- Suzuki Z., 1991. A review of the biology and fisheries for yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the Western and Central Pacific Ocean. II. Interactions of Pacific tuna fisheries. FAO Fish. Tech. Pap., 336(2), 108-137.
- Yamanaka K.L., 1990. Age, growth and spawning of yellowfin tuna in the southern Philippines. Indo-Pac. Tuna Program., IPTP Work. Pap., 7, 66 p.

A review: pelagic fishes at petroleum platforms in the northern Gulf of Mexico; diversity, interrelationships, and perspectives

James S. Franks

University of southern Mississippi, Institute of Marine Sciences, Gulf Coast Research Laboratory, Ocean Springs, Mississippi 39566, USA - jim.franks@usm.edu

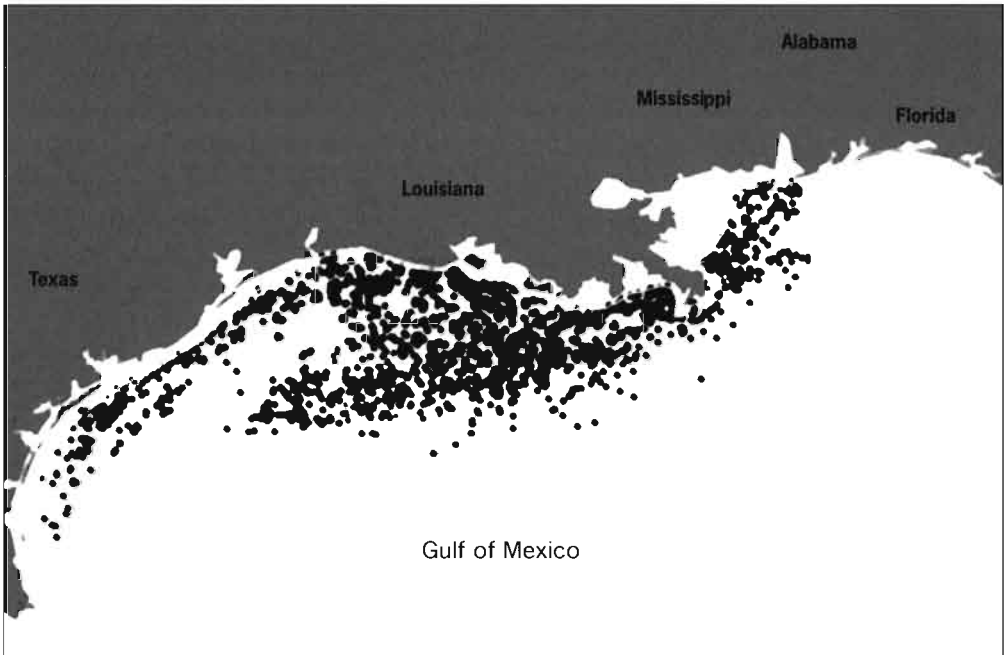
Abstract

Approximately 4,000 petroleum (oil and gas) platforms exist in the northern Gulf of Mexico and form one of the world's most extensive *de facto* artificial reef systems. Collectively, these structures may comprise one of the largest FAD (Fish Aggregating Device) arrays in the world, attracting surface and midwater pelagic fishes. The diverse composition of pelagic fish fauna at NGOM platforms is described and includes valued species such as *Thunnus albacares*, *Thunnus atlanticus*, *Coryphaena hippurus*, *Acanthocybium solandri*, *Rachycentron canadum*, *Seriola dumerili*, *Scomberomorus cavalla*, and *Decapterus punctatus*. Petroleum platforms influence pelagic fishery resources and are an important component of the Gulf's commercial and recreational fishing industries. Reviewed literature revealed a sparsity of fundamental knowledge of densities, temporal and spatial occurrence, and fishing effort/catch rates of pelagic fishes at platforms. The role of Gulf petroleum platforms "as FADs" is examined, possible mechanisms for aggregation are reviewed, and a synopsis of the author's preliminary findings on life history aspects of *A. solandri* and *R. canadum* from platforms is presented. It is proposed that platforms provide opportunities for the study of pelagic species to better understand the life history, ecology, behaviour, and habitat requirements of pelagic fishery resources in the Gulf of Mexico.

Introduction

In the northern Gulf of Mexico (NGOM), coastal and oceanic petroleum (oil and gas) production platforms constitute long-lasting structures (40 years) which attract large assemblages of pelagic fishes and enhance recreational and commercial fishing within the region. Although northern Gulf platforms aggregate a diverse and abundant pelagic fish resource, there is little fundamental knowledge of factors influencing their ability to attract fishes, and information is scant regarding the influence of platforms on pelagic fish populations within the NGOM.

Figure 1
Map of the northern Gulf of Mexico study area showing the general location of 4,000 petroleum platforms. Platforms are designated by black dots. Source: Ditton & Auyong (1984).

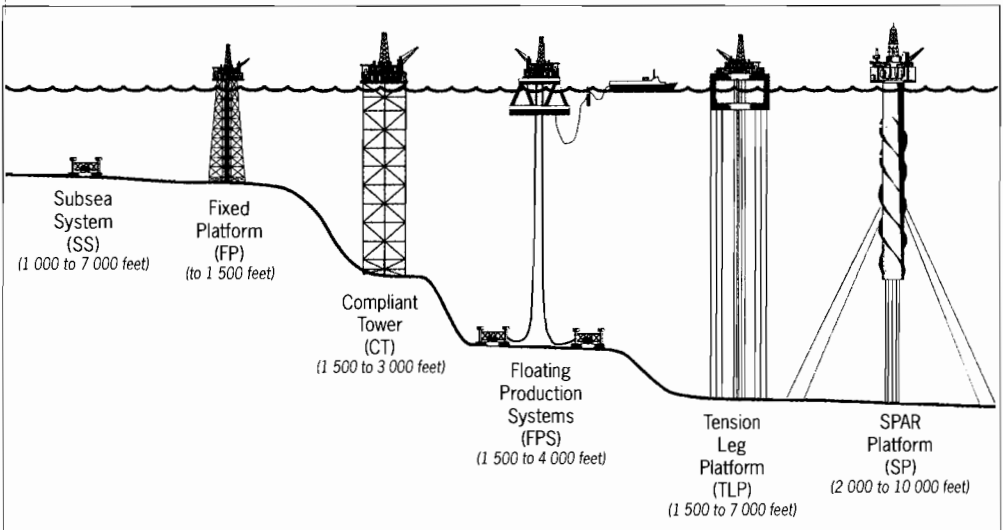


This paper provides, by way of review of the scientific literature and other available sources, information on the pelagic fish fauna associated with NGOM platforms. The diversity and abundance of pelagic fishes at platforms are examined, possible mechanisms for pelagic fish aggregation at platforms and various interrelationships are reviewed, and a synopsis of the authors' research findings on selected life history aspects of two pelagic fishes, wahoo (*Acanthocybium solandri*) and cobia (*Rachycentron canadum*), which associate with NGOM platforms is presented. It is proposed that NGOM petroleum platforms and fish attracting devices (FADs) may function comparably in their attraction of pelagic fishes, and that platforms provide unique opportunities to study the natural history and behaviour of pelagic species.

Generic description of NGOM platforms

NGOM platforms range in size and complexity from small, single-well operations to large, multi-well edifices of considerable structural complexity. Until recent years, oil and gas drilling activities and subsequent installation of production platforms, occurred from shore to the 200-m depth contour; however, since 1997, 40 platforms have been installed at water depths ranging from 1,000 to 2,300 m and are located more than 250 km from shore (Cranswick & Regg, 1997). As the search for oil and gas extends into the deeper NGOM, platforms in 3,000 m of water may be a reality within the next decade or two. The different types of platforms that are installed at various water depths in the Gulf of Mexico are shown in figure 2. Platforms are stabilized by large vertical supports (legs), a large portion of which is submerged and connected by an assemblage of cross beams. Since conventional platform designs are unfeasible for deep-water structures, they are supported in place by high-tech, innovative mooring systems.

Figure 2
Diagram of the type of petroleum platforms installed at various water depths in the northern Gulf of Mexico.
Source: Cranswick & Regg (1997).



Ecological studies at NGOM platforms: overview

Offshore platforms represent a relatively "new" biological habitat in the northern Gulf which is characterised by a distinctive faunal assemblage and species associations when compared to the surrounding waters and natural habitat (Gallaway & Lewbel, 1982). Early biological surveys conducted at NGOM platforms focused on descriptions of the biofouling community on the vertical supports (Gunter & Geyer, 1955; Pequignat & Pequignat, 1968) and benthic fish populations (Perry, 1979).

A review of more recent scientific literature reveals that NGOM platforms as artificial reefs and habitat for reef fishes have been the topic of at least 30 biological studies which primarily investigated the associated demersal or benthic communities.

Research on pelagic fishes at and around platforms has been difficult owing to the complex architecture of platforms, excessive water depths, low visibility, and a lack of applicable scientific sampling gear and methods. However, some information on the association of pelagic fishes with platforms has been acquired from research studies conducted at a few NGOM platforms, which in recent years included diver visual surveys, hydroacoustic surveys, and video recordings from remotely operated vehicles (ROV).

Diversity and abundance of pelagic fishes associated with some NGOM platforms were investigated by Hastings *et al.* (1976), Wilson & Stanley (1991), Gallaway & Lewbel (1982), Reggio (1989) and Stanley & Wilson (1989, 1990, 1995, 1996, 1997). Biological and ecological relationships of pelagic fishes at NGOM platforms were examined by Stanley & Wilson (1995, 1996, 1997), Scarborough-Bull & Kendall (1994). However, long-term scientific assessments of the ecology and interrelationships of pelagic fishes and their aggregations at NGOM platforms are scant. Despite their great numbers and importance to fisheries user groups (Ditton & Auyong, 1984), too few quantitative data exist on the “fisheries value” of NGOM platforms.

Platforms as FADs for pelagic fishes

Associations of tropical and subtropical pelagic fishes with floating objects such as logs, mats of algae (e.g. *Sargassum*), debris, and other flotsam have been widely reported in the literature (see Rountree, 1989 for references). The reasons for the attraction of fishes to floating objects are not fully understood, although availability of food, shelter from predators (Rountree, 1989), and orientation advantages are among the numerous factors that may play important roles.

Numerous economically important tropical and subtropical fisheries have developed as a direct result of fishermen constructing and deploying FADs. These are designed to create artificial habitats and usually float at or near the surface or are suspended in midwater. FADs ostensibly aggregate fish which would otherwise be dispersed over wide expanses of water (Rountree, 1990). The types of FADs, their uses in various regions of the world, and their effectiveness to attract a diverse assemblage of fishes have been the subject of scientific study by various researchers (see Dagorn & Fréon, 1999 for FAD references).

Petroleum platforms in the NGOM also serve as major “aggregation points” for large numbers of fish, and the effects of platforms are not confined to benthic and demersal fish but also extend to pelagic fish which often exhibit high species diversity and typically represent the

greatest fish biomass (Gallaway & Lewbel, 1982). Conventional FADs have not been used to any extent in the NGOM, primarily because platforms are perceived to function as FADs. The submerged portions of all platforms in the NGOM are estimated to provide approximately 12 km² of hard substrate (Stanley & Wilson, 1997) and constitute 28% of the known hard-surface habitat off the coasts of Louisiana and Texas (Reggio, 1989). These structures represent the most extensive *de facto* artificial reef system in the world. Do NGOM platforms collectively represent the world's largest *de facto* assemblage of FADs?

Composition, diversity and abundance

In addition to scientific literature, supplemental (grey) sources of information on pelagic fishes associated with platforms include interviews with recreational fishermen and divers, examination of recreational fishermen's catch, official reports of commercial fishermen, charterboat captains' log books, and captains of petroleum platform supply vessels. Although catches of highly sought-after game fishes at platforms are selective and biased towards larger species because of the hook-and-line gear used, the data are valuable, nonetheless, and would be difficult to obtain otherwise. Available scientific literature (see Ecological studies above) and supplemental sources were consulted to develop a list of pelagic fishes associated with NGOM platforms (see table). The list contains 45 species representing 18 families.

The composition of pelagic fishes at coastal platforms (water depth <20 m) typically differs from that at offshore platforms (water depth 20-64 m) and bluewater platforms (water depth >64 m) (Stanley & Wilson, 1998). Among the pelagics which frequent shallow platforms are *P. saltatrix*, *R. canadum*, *C. faber*, *C. hippos*, *C. ruber*, and *S. maculatus* (see table). Offshore platforms attract some of the pelagic fishes which also occur at coastal platforms, but *S. mokarran*, *S. zygaena*, *S. dumerili*, *S. rivoliana*, *E. bipinnulata*, *S. cavalla*, *A. solandri*, *E. alletteratus*, *B. capricus* (see table), and an assortment of baitfishes, primarily small clupeids and carangids, are among the species that typically occur at offshore sites (Gallaway & Lewbel, 1982). Bluewater platforms attract some species found at shallower offshore structures, but are defined by large scombrids (tunas, wahoo), istiophorids (blue marlin and white marlin), and vast schools of baitfishes.

Regular fluctuations in diversity and abundance of pelagic fishes at individual platforms appear to be the norm, with higher abundances generally associated with increased water temperatures. Seasonal change in NGOM temperature probably influences migratory patterns of pelagic baitfishes and pelagic predators within the region. Variations in the occurrence of some pelagic species at NGOM platforms suggest a transient relationship with little or no fidelity to a particular platform or group of platforms, a presumption supported by tagging studies (Franks *et al.*, 1991).

Table - Pelagic fishes reported to associate with petroleum platforms in the northern Gulf of Mexico.

J = juvenile stage, A = adult stage.

	Life Stage		Life Stage
Carcharhinidae		Carangidae	
<i>Carcharhinus brevipinna</i>	A	<i>Seriola zonata</i>	J A
<i>Carcharhinus limbatus</i>	A	<i>Trachinotus carolinus</i>	A
<i>Carcharhinus obscurus</i>	A	<i>Trachurus lathami</i>	A
<i>Galeocerdo cuvier</i>	A	Coryphaenidae	
<i>Rhizoprionodon terraenovae</i>	J A	<i>Coryphaena hippurus</i>	J A
Sphyrnidae		Lobotidae	
<i>Sphyrna mokarran</i>	A	<i>Lobotes surinamensis</i>	J A
<i>Sphyrna zygaena</i>	A	Ephippidae	
Elopidae		<i>Chaetodipterus faber</i>	J A
<i>Megalops atlanticus</i>	A	Mugilidae	
Clupeidae		<i>Mugil cephalus</i>	A
<i>Harengula jaguana</i>	J A	Sphyraenidae	
<i>Sardinella aurita</i>	A	<i>Sphyraena barracuda</i>	A
Pomatomidae		Scombridae	
<i>Pomatomus saltatrix</i>	A	<i>Acanthocybium solandri</i>	J A
Rachycentridae		<i>Euthynnus alletteratus</i>	A
<i>Rachycentron canadum</i>	J A	<i>Euthynnus pelamis</i>	J
Echeneidae		<i>Scomberomorus cavalla</i>	J A
<i>Echeneis naucrates</i>	A	<i>Scomberomorus maculatus</i>	J A
Carangidae		<i>Thunnus albacares</i>	A
<i>Caranx fuscus</i>	J A	<i>Thunnus atlanticus</i>	A
<i>Caranx hippos</i>	J A	<i>Thunnus thynnus</i>	A
<i>Caranx latus</i>	A	Istiophoridae	
<i>Caranx lugubris</i>	J A	<i>Makaira nigricans</i>	A
<i>Caranx ruber</i>	J A	<i>Tetrapterus albidus</i>	A
<i>Decapterus punctatus</i>	J A	Balistidae	
<i>Elagatis bipinnulata</i>	A	<i>Balistis capricus</i>	A
<i>Selene vomer</i>	J A	<i>Canthidermis sufflamen</i>	A
<i>Seriola dumerili</i>	J A	Tetraodontidae	
<i>Seriola fasciata</i>	J A	<i>Lagocephalus laevis</i>	A
<i>Seriola rivoliana</i>	A		

Pelagic species at platforms are represented by juveniles and adults alike, however, there is scant information on seasonal occurrence of various life stages of species or which life stages occur more frequently. Little is known about the size and age composition of pelagic fishes at platforms.

Interrelationships

Very little is known about the interrelationships of fishes at platforms or the interspecific interactions of pelagics within the "platform community". Depending upon the species, pelagics position themselves at varying depths and locations around or near a platform structure. Observations on vertical zonation indicate that smaller species, particularly planktivores, typically maintain a position from nearsurface to mid-depth, closely associate with platform structure, and tend to locate within or slightly upcurrent of the structure (Galloway *et al.*, 1981).

By positioning themselves upcurrent, plankton feeders can allow the current to bring food to them, wherein a minimum expenditure of energy is required to feed, thereby possibly reducing the amount of food required per individual. Competition for planktonic food may be a determinant of pelagic fish fauna at platforms, i.e., successful or unsuccessful feeding by planktivorous baitfishes such as *Harengula jaguana* might affect attraction and residence time of pelagic predators.

Large, predatory pelagics tend to locate from the surface to middepth and move freely around and away from the platforms as they observe and/or pursue schools of baitfish and smaller pelagic prey. Large pelagics rarely enter the area enclosed by the platform's legs (Gallaway *et al.*, 1981). Just as Marsac & Cayré (1998) observed with FADs, some pelagic predators orient themselves upcurrent of the platform, and the position assumed by predators often matches the distribution of prey when located at a slight distance from the platform. Holland *et al.* (1990) reported that FAD-associated yellowfin tuna might pay an energetics penalty because the forage resource is probably considerably smaller than that available at the perimeters of nearby reefs. There are few natural reefs in the NGOM and only a few scattered natural areas of "high relief", so platforms may represent valuable, albeit opportunistically utilized, foraging sites for tunas and other large pelagics. Tunas may conserve energy at platforms during foraging events by orienting themselves in the current flow and feeding on current-borne prey, as Holland *et al.* (1990) reported for tunas at FADs.

Possible mechanisms of attraction to platforms

Platforms probably redistribute existing pelagic fish biomass within the NGOM. The mechanisms of attraction for pelagic fishes at platforms are poorly understood and have not been fully investigated; however, observations provide some insight into possible elements of attraction. Gallaway & Lewbel (1982) reported that assemblages of platform-associated pelagic fishes appear to be more strongly dictated by the physical factors of the platforms than by biological interrelationships, and, if so, may represent "flexible confederations of species loosely allied by similar environmental requirements or preference". Stanley & Wilson observed relationships of fish abundance and artificial structure were more complex than merely that of attraction to submerged surface area, and suggested that "factors such as natural and temporal variability of species distribution and abundance interacting with physical platform variables and water depth possibly determine overall species abundance".

Pelagic fishes appear to be attracted to artificial structure in greatest numbers when the structure extends a considerable distance above the bottom or even reach the surface, as do petroleum platforms. Baitfishes are thought to be attracted to vertically oriented objects for orientation, enhanced predator avoidance, and the potential increase in feeding (Rountree, 1990), and, in fact, the structural physical barriers created

by deeper-water platforms rising from the seafloor possibly create nutrient upwelling and thus potentially highly productive waters which might attract planktivores. The abundance of some pelagic predators at platforms may be directly correlated with prey availability, wherein predators accumulate in the vicinity of prey by means of "area restricted searching" behaviour (Bohnsack, 1989) which facilitates avoiding unproductive foraging areas. Large pelagics such as tunas and billfishes are gregarious roamers which are believed to be minimally dependent upon resident and small transient pelagics at platforms as food, and even though an individual platform might not provide a supply of prey to support feeding requirements of an entire school of tunas, an array of closely aligned platforms might provide for an ample foraging base.

FADs possess "attractive or effective ranges" (Hunter & Mitchell, 1967) depending on design, composition, size, type and textural condition of structural materials, color and odour, and similar factors might apply to platforms. Cayré (1991), Holland *et al.* (1990), and others reported the optimum minimal horizontal distance between FADs as 18 km to avoid overlapping the attraction potential and the respective radii of influence with neighbouring ones. Optimum distance may also depend on the available biomass within a given area. The overall radius of influence for large pelagics at platforms is unknown, however, offshore recreational fishermen often catch tunas and marlins within 5 km of platforms. Although, some large pelagic fish typically orient themselves upcurrent of platforms, others may not. Commercial longliners tend to make their tuna "sets" at distances 3 km downcurrent from platforms, primarily to avoid entanglement of their drifting gear with platform support structures.

Hypotheses on the associative behaviour of pelagic fishes are discussed by Fréon & Misund (1999) and provide enlightened insight into possible mechanism of attraction to structure. Some proposed mechanisms for attraction to artificial structure seem to conflict. For example, increased shelter and survival imply reduced predation, and yet, additional food and increased predator feeding efficiency suggest higher predation rates and increased prey mortality (Bohnsack, 1989). Fish attraction behaviour presumably evolved because of some selective advantage, e.g., faster growth, increased survival, and reproduction (Bohnsack, 1989). So, do platforms (and FADs) provide cues beyond the evolutionary experience of pelagic fishes and elicit responses that are not necessarily adaptive? Do pelagic fishes at platforms face higher mortality from natural predators... and fishermen?

Platforms and FADs: some principal factors in common

- Create artificial habitat at or near the surface and in midwater;
- High taxonomic diversity and abundance of pelagic fishes relative to the surrounding waters;
- Attract similar families of fishes; attract resident and transient pelagic fishes;

- Influence regional pelagic fisheries; important component of pelagic fishing industries;
- Significantly increase fishermen catch, decrease fishermen search time, lower fuel consumption;
- Provide opportunities to study the natural history and biology of pelagic fishes.

Platforms and pelagic fisheries

Offshore energy development in the NGOM has been recognized as having a significant positive effect on offshore recreational and commercial hook-and-line fishing within the area. Linton (1994) reported the number of platforms in the NGOM doubled during the 1980s while both the number of species and total amount of finfish landed from the NGOM tripled during the same period. In the United States, the utilization of offshore platforms as fishing sites is greatest in the NGOM (Ditton & Auyong, 1984; Reggio, 1987), and platforms attract a variety of commercial fishing gears (electric bottom rigs, hook-and-line, handlines, etc.) and recreational hook-and-line fishing methods (trolling, drift fishing, casting, etc.).

Several pelagic species, particularly carangids and scombrids, are the main target species of NGOM commercial and recreational fisheries, and platforms concentrate available fish into a smaller geographic area, potentially making them more accessible to fishermen. Over 40% of the US marine recreational fishing catch come from the Gulf of Mexico, and a large portion of that, including pelagic species, come from the NGOM (Ditton & Auyong, 1984). Platforms function to serve an expanding recreational fishing industry that has ever-increasing importance for the economies of States bordering the NGOM. Studies are needed to improve the base of information on the harvest of pelagic species at platforms as related to ecological and socio-economic aspects of the pelagic fishery.

Platforms as research opportunities

Studies of pelagic fishes at platforms can provide valuable information about their natural history, behaviour, and habitat requirements and on relationships between pelagic species and the platform environment. However, until repeated quantitative studies are performed, fisheries information associated with platforms will be of a qualitative nature. Platforms provide the opportunity for the collection of small pelagic species (and juveniles) rarely caught in conventional ichthyoplankton nets and could serve as “tools” for conducting controlled experiments in the pelagic environment. Platforms are of a long duration, and by conducting on-site, long-term studies, more can be learned about the associations of fishes with platforms, and the fisheries values of platforms. For the past ten years, the author has conducted life history research on cobia, *Rachycentron canadum*, a large migratory pelagic species which supports a valuable fishery throughout the Gulf of Mexico. Cobia

exhibit a strong attraction for platforms, and the majority of specimens used in the author's studies of age and growth (Franks *et al.*, 2000), reproduction (Lotz *et al.*, 1996; Biesiot *et al.*, 1994), and feeding habits (Meyer & Franks, 1996) were captured at NGOM platforms. Also, numerous cobia were tag-released at NGOM platforms during studies of cobia migratory behaviour (Franks *et al.*, 1991). Research findings revealed that cobia utilize platforms as prime feeding sites and probably spawn in offshore waters of the NGOM (some possibly at platforms). Seasonal fidelity to individual platforms and specific groups of platforms was demonstrated by a few recaptured tagged fish, and, in fact, captures of tagged as well as non-tagged specimens suggest that some members of the population may not migrate at all and remain as year-round residents at deep-water NGOM platforms (Howse *et al.*, 1992; Lotz *et al.*, 1996).

Life history studies recently initiated by the author and colleagues on wahoo, *Acanthocybium solandri*, from the NGOM (Brown-Peterson *et al.*, 2000; Franks *et al.*, 2000) rely heavily upon specimens caught at or near platforms by fishermen. Although research findings are preliminary, they suggest that wahoo are rapid growers, mature by two years of age, and spawn during summer months in the NGOM. Wahoo are attracted to offshore and bluewater platforms for purposes of foraging and as possible pre/post spawning-event meeting sites.

Although ongoing studies continue to expand the scientific base of information on cobia and wahoo from the Western Central Atlantic Ocean, the biology and behaviour of both species are not well understood. Cobia and wahoo are mentioned here to emphasize the value of platforms as prime locations for the collection and study of some of the large pelagic species within NGOM waters, and to underscore the need for additional studies of the underlying biology of aggregations of pelagic fishes around platforms. Continued studies of these two species at platforms will provide information useful in their management as highly valued pelagic fishery resources.

Suggested research on pelagic fishes at platforms could include:

- Mechanism of attraction/association; studies of species diversity, abundance, and behaviour;
- Importance of physical gradients to pelagic fish orientation and distribution;
- Trophic relationships and energy flow; biological assessments; new bio-survey techniques;
- Magnitude of bio-impacts in the presence of natural variations.

Research at NGOM platforms might elucidate the following:

- How dependent upon platforms are pelagic fishes; what are the inter-specific relationships?
- What is the importance of platforms to ecological productivity and pelagic fish diversity in the NGOM?

- How do platforms modify dynamics of the “pelagic fish system” in which they are placed?
- What is the influence of platforms on juvenile pelagics and on the recruitment of juveniles?
- Are specific year-classes of pelagics attracted to platforms?
- Are platforms pelagic fishery enhancement tools, or tools to enhance fish harvest, or both?
- What is the role of platforms in sustainable development of pelagic fisheries in the NGOM?

Conclusion

Although scientific studies have provided information on pelagic fishes at NGOM platforms, the need exists for a greater understanding of the biological, ecological and socio-economic (including human dimensions) aspects of pelagic fish-platform relationships. Continued study of pelagic fishes at platforms will expand the base of scientific knowledge of pelagic fish resources within the Gulf of Mexico and may provide information useful to those involved in the study of FADs as components of pelagic fisheries in tropical and subtropical oceans. Conversely, results of scientific investigations of relationships between FADs and pelagic species have relevance to the study of NGOM pelagic fish-platform associations.

Acknowledgments

I thank Villerie Reggio with the US Department of the Interior (MMS) New Orleans, LA for documents on fisheries research activities at NGOM platforms. Charles Wilson and David Stanley of Louisiana State University, Baton Rouge, LA are recognized for providing information on their research on pelagic fishes at NGOM platforms. Thanks to Kirsten Larsen and Lisa Engel with the USM/IMS for their help on many aspects of this paper. I thank fishermen for sharing information on pelagic fishes and fishing techniques at platforms. Support was provided by the University of Southern Mississippi, Institute of Marine Sciences.

Bibliographic references

- Biesiot P.M., Caylor R.M., Franks J.S., 1994. Biochemical and histological changes during ovarian development of cobia, *Rachycentron canadum*, from the northern Gulf of Mexico. *Fish. Bull.*, 92, 686-696.
- Bohnsack J.A., 1989. Are high densities of fishes at artificial reefs the result of habitat limitation or behavioural preference? *Bull. Mar. Sci.*, 44, 631-645.
- Brown-Peterson N.J., Franks J.S., Burke A.M., 2000. Preliminary observations on the reproductive biology of wahoo, *Acanthocybium solandri*, from the northern Gulf of Mexico and Bimini, Bahamas. *Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst.*, 51.

- Cayré P., 1991. Behaviour of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) around Fish Aggregating Devices (FADs) in the Comoros Islands as determined by ultrasonic tagging. *Aquat. Living Resour.*, 4, 1-12.
- Cranswick D., Regg J., 1997. Deep-water in the Gulf of Mexico: America's new frontier. OCS Rep. 97-0004, US Dep. Inter. Minerals Manage. Serv., New Orleans, LA, 41 p.
- Dagorn L., Fréon P., 1999. Tropical tuna associated with floating objects: a simulation study of the meeting point hypothesis. *Can. J. Aquat. Sci.*, 56, 984-993.
- Ditton R.B., Auyong J., 1984. Fishing offshore platforms Central Gulf of Mexico: an analysis of recreational and commercial fishing use at 164 major offshore platform structures. OCS monogram MMS 84-0006, US Dep. Inter. Minerals Manage. Serv., Gulf of Mexico, OCS Regional Office, New Orleans, LA, 156 p.
- Franks J.S., Zuber M.H., McIlwain T.D., 1991. Trends in seasonal movement of cobia, *Rachycentron canadum*, tagged and released in the northern Gulf of Mexico. *J. Acad. Sci.*, 36. (Abst.).
- Franks J.S., Brown-Peterson N.J., Griggs M.S., Garber N.M., Warren J.R., Larsen K.M., 2000. Potential of the first dorsal fin spine for estimating the age of wahoo, *Acanthocybium solandri*, from the northern Gulf of Mexico, with comments on specimens from Bimini, Bahamas. *Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst.*, 51.
- Franks J.S., Shea J.L., Brown-Peterson N.J., Griggs M.S., Larsen K.M., 2001. Attempts to enhance the contrast and visibility of presumed annual growth marks on sagittal otoliths from wahoo, *Acanthocybium solandri*, from the northern Gulf of Mexico and Bimini, Bahamas. *Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst.*, 52.
- Fréon P., Misund O.A., 1999. Dynamics of pelagic fish distribution and behaviour: effects on fisheries and stock assessment. Fishing News Books, Oxford, London, 348 p.
- Gallaway B.J., Martin L.R., Howard R.L., Boland G.S., Dennis G.D., 1981. Effects on artificial reef, demersal fish and macrocrustacean communities. *In: Environmental effects of offshore oil production: the Buccaneer gas and oil field study*. Middleditch B. (ed.). *Mar. Sci.*, 14, 237-299.
- Gallaway B.J., Lewbel G.S., 1982. The ecology of petroleum platforms in the northwestern Gulf of Mexico: a community profile. FWS/OBS-82/27, US Fish Wildl. Ser., 92 p.
- Gunter G., Geyer J., 1955. Studies on fouling organisms of the northeast Gulf of Mexico. *Inst. Mar. Sci., Univ. Texas*, 4(1), 37-87.
- Hastings R.W., Ogren L.H., Mabry M.T., 1976. Observations on the fish fauna associated with offshore platforms in the northwestern Gulf of Mexico. *US Fish Wildl. Ser. Fish. Bull.*, 74, 387p.

- Holland K.N., Brill R.W., Chang R.K.C., 1990. Horizontal and vertical movements of yellowfin and bigeye tuna associated with Fish Aggregating Devices. *US Fish. Bull.*, 88, 493-507.
- Howse H.D., Overstreet R.M., Hawkins W.E., Franks J.S., 1992. Ubiquitous perivenous smooth muscle cords in viscera of the teleost *Rachycentron canadum*, with special emphasis on liver. *J. Morph.*, 212, 175-189.
- Hunter J.R., Mitchell C.T., 1967. Association of fishes with flotsam in the offshore waters of Central America. *US Fish Bull.*, 66(1), 13-29.
- Linton T.L., 1994. A comparison between the fish species harvested in the US Gulf of Mexico and the number of production platforms present. *Bull. Mar. Sci.*, 55(2-3), Abst., 1344.
- Lotz J.M., Overstreet R.M., Franks J.S., 1996. Gonadal maturation in the cobia, *Rachycentron canadum*, from the northern Gulf of Mexico. *Gulf Res. Rep.*, 9(3), 147-159.
- Marsac F., Cayré P., 1998. Telemetry applied to behaviour analysis of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*, Bonnaterre, 1788) movements in a network of Fish Aggregating Devices. *Hydrobiologia*, 371/372, 155-171.
- Meyer G. H., Franks J. S., 1996. Food of cobia, *Rachycentron canadum*, from the northern Gulf of Mexico. *Gulf Res. Rep.*, 9(3), 161-167.
- Pequegnat W.E., Pequegnat L.H., 1968. Ecological aspects of marine fouling in the northeastern Gulf of Mexico. *Tech. Rep. Off. of Nav. Res.*, Washington, DC, 50 p.
- Perry A., 1979. Fish of Timbalier Bay and offshore Louisiana environments collected by trawling. *In: Effects of oil drilling and production in a coastal environmental*. Ward C.H., Bender M.E. & Reish D.J. (eds). *Rice Univ. Studies*, 65(4-5), 537-574.
- Reggio V.I. Jr., 1987. The use of obsolete petroleum structures as artificial reefs. *OCS Rep. MMS 87/0015*, US Dep. Inter. Minerals Manage. Serv., New Orleans, LA., 17p.
- Reggio V.I. Jr., 1989. Overview of rigs to reefs. *In: Petroleum structures as artificial reefs: a compendium*. Fourth Int. Conf. Artificial Habitats for Fisheries. Reggio V.I. Jr. (ed). Rigs to Reefs Special Session, 4 November, 1987, Miami, FL, OCS/MMS 89-0021, p. 1.
- Rountree R.A., 1989. Associations of fishes with Fish Aggregating Devices: effects of structure size on fish abundance. *Bull. Mar. Sci.*, 44(2), 960-972.
- Rountree R.A., 1990. Community structure of fishes attracted to shallow water Fish Aggregation Devices off South Carolina, USA. *Environ. Biol. Fish.*, 29, 241-262.
- Scarborough-Bull A., Kendall J.J., 1994. An indication of the process: offshore platforms as artificial reefs in the Gulf of Mexico. *Bull. Mar. Sci.*, 55(2/3), 1086-1098.

- Stanley D.R., Wilson C.A., 1989. Utilization of offshore platforms by recreational fishermen and scuba divers off the Louisiana coast. *Bull. Mar. Sci.*, 44(2), 767-775.
- Stanley D.R., Wilson C.A., 1990. A fishery dependent based study of fish species composition and associated catch rates around petroleum platforms off Louisiana. *US Fish. Bull.*, 88, 719-730.
- Stanley D.R., Wilson C.A., 1995. Detection of the effects of scuba divers on fish density and target strength utilizing dual-beam hydroacoustics. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 124, 946-949.
- Stanley D.R., Wilson C.A., 1996. Abundance of fishes associated with a petroleum platform measured with dual-beam hydroacoustics. *ICES J. Mar. Sci.*, 53, 473-475.
- Stanley D.R., Wilson C.A., 1997. Seasonal and spatial variation in the abundance and size distribution of fishes associated with a petroleum platform in the northern Gulf of Mexico. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 54, 1166-1176.
- Wilson C.A., Stanley D.R., 1991. Technology for assessing the abundance of fish around oil and gas structures. *In: Recent advances in aquatic habitat technology.* Nakamura M., Grove R.S. & Sonu C.J. (eds). Southern Calif. Edison Comp., Los Angeles, California. *Environ. Res. Rep. Ser.*, 91-RD-19, 217-231.

Observations sous-marines des communautés de poissons agrégées autour des DCP en Martinique : résultats préliminaires

Martial Laurans, Marc Taquet, Lionel Reynal, Alain Lagin

Ifremer, délégation des Antilles, Drv/rh, Pointe-Fort, 97231 Le Robert, Martinique
Laurans@roahzon.inra.fr

Abstract

Fishing with a beach seine for catching small pelagic fishes is a traditional activity in Martinique. Since the early eighties, an important decrease in the number of fishermen practising this activity has been recorded. In the context of high exploitation of reef resources, the beach seine presents a low selectivity, catching too many juveniles of demersal fish. The FADs established in coastal areas, have been successfully used in others regions of the world for exploiting small pelagics. Thus, it could allow to favour a change of exploitation style of these resources in Martinique. In partnership, Ifremer, the Regional Council and the Fishing Committee have began an evaluation of the potentialities for this type of structures around the island. To achieve this study, several experimental coastal FADs have been established in different places. Surveys by sub-aquatic observations are periodically carried out to compare the attractive power of different aggregation devices (colour, shape, volume) and understand the factors influencing the determinism of the aggregation (biotic and abiotic). The results presented and discussed correspond to the initial stage of this study which should be pursued in the next months.

Introduction

La pêche martiniquaise se caractérise par un nombre important de métiers. L'un de ces métiers, la senne de plage, cible les petits pélagiques côtiers qui se concentrent à certaines périodes à proximité du rivage. Cette activité traditionnelle est pratiquée depuis le XIX^e siècle. Elle s'exerce principalement sur la côte caraïbe. Dans certains villages, la senne de plage est restée longtemps la principale activité de pêche, faisant vivre de nombreuses familles. Son poids économique est élevé jusqu'au début des années quatre-vingt (Taconnet, 1987). Depuis, le déclin s'est amorcé tant par le manque d'hommes, par la difficulté du métier que par une diminution apparente des captures de poissons pélagiques. Aujourd'hui, le nombre de maîtres senneurs est bas et, peu nombreux sont ceux qui ne vivent que de cette activité. Les captures accessoires

de juvéniles de poissons benthiques rendent la senne de plage peu compatible avec les objectifs de gestion des ressources du plateau insulaire. Cette technique étant actuellement la principale utilisée pour l'exploitation des petits pélagiques, une solution de rechange doit être trouvée pour une pêche rationnelle de ces ressources.

Face à ce constat, un programme expérimental d'implantation de dispositifs côtiers de concentration de poissons (DCP) a été engagé en Martinique. Outre l'amélioration des rendements sur les pélagiques côtiers, l'objectif recherché est une meilleure sélectivité de la pêche à la senne de plage en concentrant les espèces cibles sur des zones dépourvues de juvéniles de poissons benthiques. La mise en œuvre d'autres techniques autour de DCP côtiers est également une voie qui peut être suivie pour l'exploitation de ces ressources. Les bons résultats enregistrés avec cette technique à l'île de la Réunion (océan Indien) (Tessier, comm. pers.), renforcent l'intérêt d'un test en Martinique.

Les résultats de cette étude préliminaire portent particulièrement sur l'identification des individus agrégés, la caractérisation de ces agrégations et l'influence des structures agrégatives sur les agrégations. Ils sont discutés et comparés à d'autres travaux conduits dans la région Atlantique Centre-Ouest : Panama City (Klima & Wickham, 1971), nord du golfe du Mexique (Rountree, 1990) et dans l'océan Indien (Tessier, comm. pers.). Une hypothèse est proposée pour expliquer les faibles abondances rencontrées autour des DCP côtiers en Martinique.

Matériel et méthodes

Les DCP sont tous ancrés à des profondeurs comprises entre 15 et 25 mètres. Les caractéristiques des DCP sont les suivantes : l'ancrage est réalisé avec un matériel ayant un poids apparent élevé (fonte, acier), une masse de 50 kg est utilisée. Amarré au lest, du cordage en polypropylène d'un diamètre de 12 mm remonte à la surface vers la tête du DCP. Le rapport longueur-profondeur est de 1,25. La tête est constituée par une bouée porte-pavillon de 30 litres.

Le long de la ligne de mouillage est fixé du matériel dit « agrégatif » car on suppose qu'il est en grande partie responsable de l'agrégation. Il est constitué d'une structure, soit bidimensionnelle (bâche), soit tridimensionnelle (caisse ajourée). La bâche utilisée a une surface de 6 m² (2 x 3 m). Les caisses ajourées d'un volume de 0,053 m³ (45 x 38 x 31 cm) sont au nombre de 7 et constituent la structure agrégative (fig. 1). Ce sont des caisses de taille standard récupérées dans le commerce.

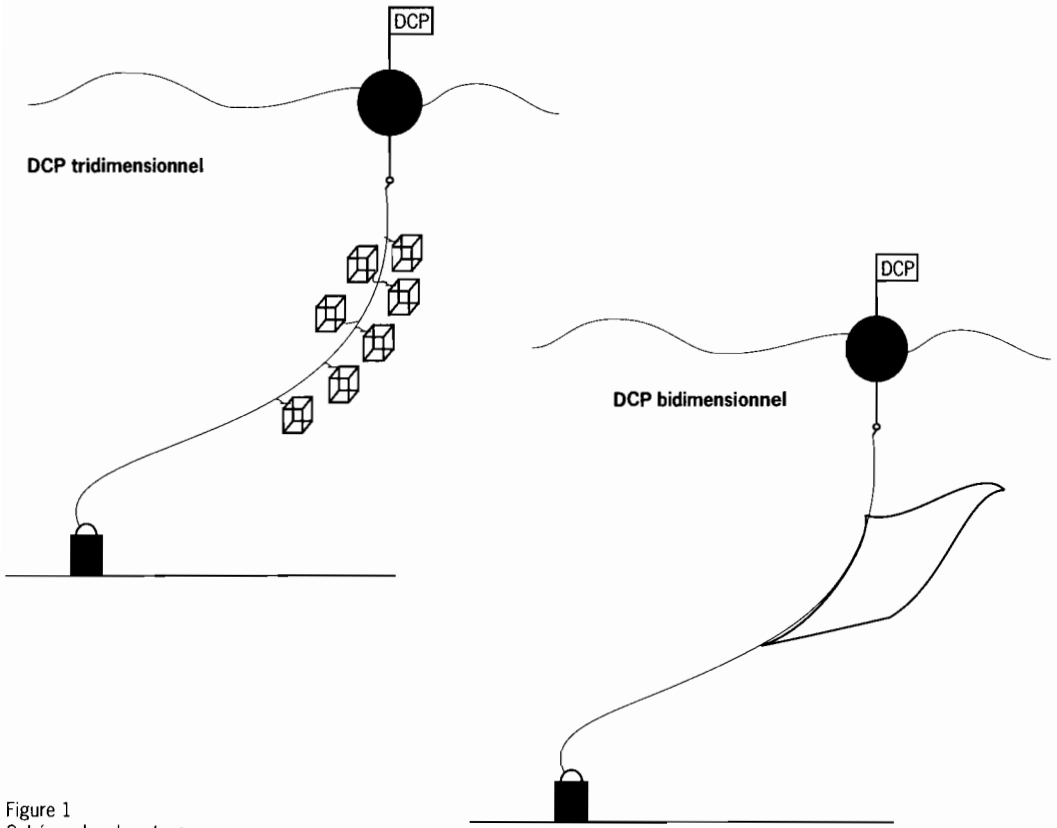


Figure 1
Schéma des deux types
de DCP côtiers.

Les sites d'implantation des dispositifs sont choisis parmi les zones où la pêche à la senne de plage est encore active (fig. 2). Ces sites ont également été choisis en fonction du type de fond à proximité du DCP (rayon de 300 m). Il est uniquement sableux (Saint-Pierre et Le Prêcheur), soit composé de sable et d'herbiers (Bellefontaine), soit composé de zones de sable parsemées d'éponges et de corail (les Anses-d'Arlet). Deux DCP ont été posés dans chaque site. Ils diffèrent par leur matériel agrégatif : l'un bidimensionnel, l'autre tridimensionnel. Le tableau 1 présente les caractéristiques des sites d'implantation des DCP.

Tableau 1 - Caractéristiques des sites d'implantation de DCP.

Lieu	Type de DCP	Profondeur (m)	Type de fond	Distance à la côte (m)	Distance entre les DCP (m)
Le Prêcheur	bi	20	Sable	300	2 000 m
Site 1	tri	23		150	
Saint-Pierre	bi	21	Sable	100	400 m
Site 2	tri	22		200	
Bellefontaine	bi	20	Sable + herbier	100	1 000 m
Site 3	tri	20		150	
Les Anses-d'Arlet	bi	10	Sable + éponge et corail	150	400 m
Site 4	tri	18		250	

Figure 2
Cartographie des sites
d'implantation des DCP
côtiers en Martinique.



De fin-juin à mi-septembre 1999, deux plongeurs ont effectué des observations *in situ* sur les DCP à un rythme hebdomadaire. Après identification, une évaluation du nombre d'individus par espèce est réalisée par comptage (petit nombre) ou par cotation d'abondance selon la méthode définie par Harmelin-Vivien & Harmelin (1985). Les poissons sont répertoriés par classe de taille, une distinction est faite entre les adultes et les juvéniles à partir de cette taille. Le comportement de chaque espèce est noté et, en particulier, la position générale qu'elle adopte par rapport au DCP et au matériel agrégatif.

Tous les DCP sont visités au cours d'une même journée. Les visites s'organisent comme indiqué dans le tableau 2. Chaque observation se déroule de la façon suivante. Les plongeurs se rendent directement sur les DCP. Ils restent 10 mn à moins de 5 m afin de noter toutes les espèces qui sont agrégées. Puis, l'observation continue dans une zone de 40 m autour du DCP grâce au déplacement des plongeurs, tout d'abord en amont et en aval, puis à droite et à gauche du DCP par rapport au sens du courant. Le mode d'observation permet, par ailleurs, de prospector toute la couche d'eau comprise entre la surface et le fond. Les poissons notés lors de cette observation sont considérés comme agrégés par le DCP. Chaque observation autour d'un DCP dure 25 minutes. On note les réactions spécifiques des poissons face aux plongeurs. Les observateurs sont donc intégrés au système étudié.

Tableau 2 - Organisation des visites au cours d'une journée d'observation.

Site	DCP	Heure d'arrivée	Heure de départ
1	tri	8 h	8 h 25
	bi	8 h 35	9 h
2	bi	10 h 30	10 h 55
	tri	11 h 30	11 h 55
3	tri	13 h 30	13 h 55
	bi	14 h 10	14 h 35
4	bi	15 h 30	15 h 55
	tri	17 h	17 h 25

Chaque DCP a fait l'objet de 8 observations au cours de 8 semaines successives. Durant cette même période, des sorties hors DCP sur des zones adjacentes et similaires à celles où sont implantés les DCP ont permis d'obtenir des résultats quant à la localisation des espèces en fonction du substrat et de recueillir également des données sur le comportement des espèces benthiques et pélagiques.

Résultats

Efficiences des deux types de DCP

La structure bidimensionnelle (bâche) a fourni des résultats très décevants (tab. 3). Ces DCP étaient souvent « vides », la présence de un ou deux poissons, appartenant au genre *Caranx* ou *Elagatis*, était parfois observée. Une seule observation a permis de noter un plus grand nombre de poissons, environ 300 comètes quiaquia (*Decapterus punctatus*) présentes dans un rayon de 30 m autour du DCP. Mise à part cette observation, la présence de poissons agrégés n'a été relevée que sur les DCP ayant un matériel agrégatif tridimensionnel (caisses). De ce fait, tous les résultats d'agrégation présentés, ci-après, proviennent d'observations réalisées sous des DCP ayant des structures agrégatives tridimensionnelles.

Tableau 3 - Dénombrement des poissons agrégés par DCP.

Site	Type de DCP	Nombre de poissons						
		0	≤ 5	≤ 10	≤ 20	≤ 50	≤ 100	≤ 100
1	bi		4	3	1			
	tri				1	3	3	1
2	bi		8					
	tri					4	3	1
3	bi	5	3					
	tri				2	1		
4	bi		6	1				1
	tri				1	4	3	

Espèces observées

Les espèces présentes sous les DCP côtiers sont variées (tab. 4). Elles peuvent être classées selon la nomenclature définie par Parin & Fedoryako (1999) qui est fonction de la taille et la position des poissons par rapport à l'objet flottant. Le premier groupe, les « intranatants », est composé de poissons benthiques dont la plupart sont des juvéniles. Les espèces de ce groupe sont : le sergent-major (*Abudefduf saxatilis*), la bourse tête plane (*Monacanthus hispidus*) et le chirurgien bleu (*Acanthurus caeruleus*). Dans un second groupe, les « extranatants », on trouve les carangidés (juvéniles uniquement) et des sergents-majors adultes. Quant aux comètes quiaquia (*Decapterus punctatus*) et aux listaos (*Katsuwonus pelamis*), ils forment le troisième et dernier groupe, les « circumnatants ». Les comètes quiaquia sont principalement constituées d'adultes. En effet, les individus observés mesurent environ 15 cm de longueur totale. Hales (1987) indique, pour cette espèce, que les individus ayant une longueur à la fourche supérieure à 11 cm sont matures pour les deux sexes.

Tableau 4 - Principales caractéristiques des poissons observés sous les DCP côtiers.

Genre	Espèce	Juvénile	Adulte	Benthique	Pélagique	Taille moyenne (cm)	Classement dans la nomenclature
<i>Decapterus</i>	<i>punctatus</i>		*		*	>12	circumnatant
<i>Caranx</i>	<i>chrysos</i>	*			*	<10	extranatant
<i>Caranx</i>	<i>ruber</i>	*			*	<10	extranatant
<i>Caranx</i>	<i>bartholomaei</i>	*			*	<15	extranatant
<i>Katsuwonus</i>	<i>pelamis</i>	*			*	<15	circumnatant
<i>Elagatis</i>	<i>bipinnulata</i>	*			*	<20	extranatant
<i>Monacanthus</i>	<i>hispidus</i>	*		*		<5	intranatant
<i>Abudefduf</i>	<i>saxatilis</i>	*	*	*		<3	intra et extranatant
<i>Acanthurus</i>	<i>caeruleus</i>	*		*		<5	intranatant
<i>Octopus</i>	<i>vulgaris</i>	*	*				extranatant

Le tableau 5 présente la fréquence des espèces autour des DCP. Certaines espèces peuvent être considérées comme fréquentes (occurrence supérieure à 75 %), c'est le cas des sergents-majors en particulier. Il s'agit d'espèces ayant une forte affinité avec le matériel agrégatif. La comète quiaquia est considérée comme assez fréquente avec une occurrence de 50 pour cent. Les autres espèces sont occasionnelles ou rares, leur fréquence étant inférieure ou égale à 35 %, cas du chirurgien bleu. Lorsqu'une espèce est présente sous un DCP, son nombre d'individus est très variable comme le montrent les valeurs des écarts types. Le nombre moyen d'individus par espèce agrégée montre que les plus grosses quantités de poissons fixés sont dues à des espèces pélagiques, en particulier, la comète quiaquia.

Tableau 5 - Fréquence de présence des espèces sous les DCP et nombre moyen lors de leur présence.

Genre	Espèce	Fréquence de présence	Quantité moyenne si présence + écart type
<i>Decapterus</i>	<i>punctatus</i>	50 %	132.4 ± 132
<i>Caranx</i>	<i>chrysos</i>	75 %	29.3 ± 21
<i>Caranx</i>	<i>ruber</i>	75 %	20 ± 17.3
<i>Caranx</i>	<i>bartholomaei</i>	20 %	9.5 ± 8.86
<i>Katsuwonus</i>	<i>pelamis</i>	5 %	10 ± 2,5
<i>Elagatis</i>	<i>bipinnulata</i>	25 %	6 ± 4.7
<i>Monacanthus</i>	<i>hispidus</i>	80 %	3.5 ± 2.1
<i>Abudefduf</i>	<i>saxatilis</i>	80 %	13.6 ± 8.9
<i>Acanthurus</i>	<i>caeruleus</i>	35 %	3.6 ± 3.97
<i>Octopus</i>	<i>vulgaris</i>	12 %	

Comportement

Les observations sous-marines ont permis de noter un certain nombre de comportements caractéristiques différents par rapport au matériel agrégatif et au DCP. En général, les espèces benthiques appartenant au groupe des « intranatants », balistes (balistidés), demoiselles (pomacentridés), chirurgiens (acanthuridés), ne s'éloignent pas à plus de 20 cm de la structure. Elles utilisent largement les abris fournis par les caisses pour se dissimuler à l'intérieur. Elles ne paraissent pas avoir une activité alimentaire aussi forte que les autres espèces présentes. Elles ne recherchent pas la nourriture apportée par le flux d'eau, mais celle fixée au support. Les espèces des deux autres classes ont un comportement différent. Les carangues évoluent dans un rayon de 2 à 6 m, la plupart du temps à environ 2 m du matériel agrégatif. Dans cet espace, elles se déplacent quasiment en permanence, en effectuant des passages réguliers à faible distance des caisses, certains individus passant même à l'intérieur. Elles semblent en perpétuelle recherche de nourriture. Ainsi, les poissons observés à une distance importante du système agrégatif (5-6 m), pendant un court instant, s'en éloignent juste pour capter une proie. Ces déplacements sont effectués à une vitesse de nage plus élevée que celle adoptée à proximité du système agrégatif. La distance à laquelle s'éloigne un individu est d'autant plus courte qu'il est de petite taille. Pour ces espèces, les déplacements sont rarement synchrones entre les individus. Chaque individu paraît agir d'une manière indépendante au sein de la concentration.

Les comètes quiaquia, « circumnatants » agrégés autour du DCP, ont un comportement très caractéristique. Elles s'éloignent beaucoup plus du DCP et se trouvent régulièrement à plus de 10 m du matériel agrégatif, mais elles réalisent des passages réguliers à proximité immédiate de la structure, certains individus passant parfois à l'intérieur. Le volume dans lequel elles se déplacent se situe en général au-dessus de la structure et en amont du DCP s'il y a du courant. Lors de ces mouvements, deux phases distinctes sont notées. Durant la première, les individus nagent en groupe d'une manière synchrone ; lors de cette phase,

la vitesse de nage est assez élevée et les changements de direction sont rapides ; la recherche de nourriture n'est pas visible. L'autre phase correspond à une période où la cohésion du groupe est moins établie. Le volume occupé par le banc est plus grand et chaque individu semble agir indépendamment des autres. Lors de cette phase, la recherche alimentaire est très active. Ces deux phases se succèdent en permanence pendant des périodes d'une durée très variable.

Le listao, observé à trois reprises, a un comportement proche de celui des comètes quiaquia. Il se déplace plutôt au-dessus du matériel agrégatif et en amont quand il y a du courant. Au sein d'un banc, chaque individu paraît avoir un mouvement indépendant des autres ; ainsi, le banc s'élargit ou se concentre. Ces variations perpétuelles du volume du banc s'expliquent en partie par le fait que les poissons ont toujours été observés à la recherche de nourriture. À plusieurs reprises, le banc s'éloigne largement du DCP, hors du champ de vision, pour y revenir quelques instants plus tard. Les passages à proximité du matériel agrégatif sont plus rares que pour les autres espèces. Le banc se déplace en permanence et s'approche régulièrement très près de la surface.

Un comportement précis et commun à toutes les espèces agrégées a été observé. À deux reprises, des comètes saumon (*Elagatis bipinnulata*) de grande taille (supérieure à 40 cm) sont passées à moins de 10 m du DCP sans s'y arrêter. Face à ce danger potentiel, la réaction des espèces agrégées autour du DCP a été rapide et similaire. Tous les individus se sont regroupés pour former des bancs monospécifiques plus denses en se rapprochant à moins d'un mètre du matériel agrégatif. Une fois le danger passé, l'activité des poissons est redevenue normale dans les dix secondes qui ont suivi. Des bruits accidentellement provoqués par l'un des observateurs ont déclenché l'amorce de comportements identiques. La réaction fut instantanée.

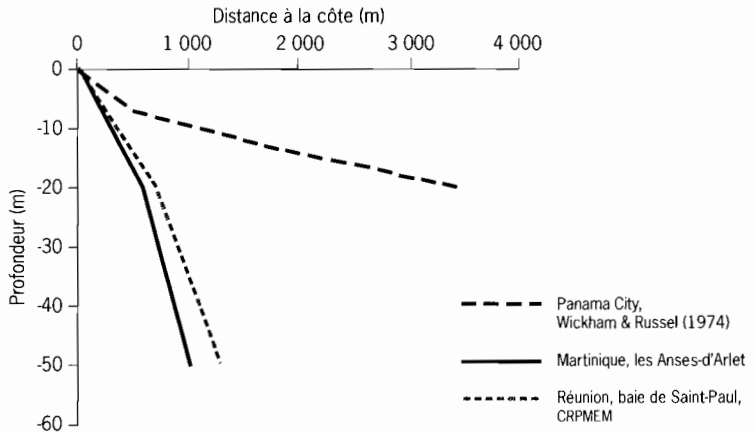
Discussion

Les résultats concernant les espèces de petits pélagiques qui s'agrègent autour des DCP côtiers en Martinique ne diffèrent pas de ceux obtenus par différents auteurs. Ainsi, Dooley (1972) précise la propension de certaines espèces à s'agréger sous les sargasses et les méduses, notamment les espèces des genres *Decapterus* et *Caranx*. Les travaux portant sur les DCP côtiers rapportent également l'agrégation de ces mêmes espèces (Klima & Wickham, 1971 ; Wickham & Russell, 1974 ; Rountree, 1989). La plupart des espèces agrégées sont constituées par des individus juvéniles, sauf pour le genre *Decapterus*. Cette constatation est également faite par Rountree (1990).

L'un des objectifs affichés par l'implantation de DCP côtiers en Martinique est de tester un outil qui permette d'améliorer la sélectivité et la productivité de la senne de plage. Les premiers résultats obtenus en Martinique sont décevants comparés à ceux obtenus avec des DCP côtiers équivalents dans d'autres régions : au large de Panama City dans le golfe du Mexique et à l'île de la Réunion dans l'océan Indien. En effet,

Wickham & Russell (1974) obtiennent au large de Panama City une production moyenne de 400 kg par coup de senne et par DCP. Pourtant, les rendements obtenus par la senne de plage (Taconnet, 1987) ainsi que les observations sous-marines hors DCP indiquent la présence de poissons autour de l'île. Des différences entre la nature des fonds et les profils bathymétriques des zones étudiées pourraient expliquer l'hétérogénéité des résultats obtenus avec ces dispositifs côtiers (fig. 3). En conséquence, une comparaison de ces deux paramètres a été effectuée entre la Martinique, Panama City et la Réunion.

Figure 3
Comparaison des profils bathymétriques de trois sites d'implantation de DCP côtiers.



Pour ces trois sites, les DCP ont été mouillés entre 15 et 20 m de profondeur. On remarque que le profil de la Martinique est similaire à celui de la baie de Saint-Paul où les résultats halieutiques obtenus sont bons. De bons résultats sont également obtenus au large de Panama City. On peut alors écarter l'hypothèse d'un profil de fond qui favorise l'agrégation. Par contre, les volumes pêchés (cumul des prises journalières) par DCP sont plus importants au large de Panama City (Wickham & Russell, 1974). La grande superficie en eau peu profonde au large de Panama City pourrait avoir un potentiel de concentration plus grand.

La nature du fond semble être un élément qui conditionne d'une manière importante l'agrégation des petits pélagiques côtiers. Les descriptions au large de Panama City (Wickham & Russell, 1974) et de la baie de Saint-Paul à la Réunion (Turquet *et al.*, 1998) font état d'un fond sableux et « monotone » sur une grande étendue (absence de roches et de structures rocailleuses à proximité). À l'inverse, dans tous les sites de la Martinique où les DCP côtiers sont implantés, la présence de structures rocheuses est notée à proximité (200 à 300 m). Sur deux sites, le fond est en partie recouvert par des éponges et des algues. De plus, sur plusieurs sites, la côte est également rocheuse (présence d'une falaise). Des données sur la biologie des comètes quiaquia montrent une association de cette espèce avec les substrats rocheux (Hales, 1987). Dans de telles zones, elle reste souvent à proximité de ces substrats. Hors DCP,

nous avons pu faire les mêmes observations quant à l'association des comètes quiaquia avec le substrat (roche, tombant, éponge). Cette caractéristique pourrait expliquer en partie le faible pouvoir agrégatif des DCP côtiers en Martinique puisque, sur chaque site, un élément naturel proche joue ce rôle. On peut émettre l'hypothèse que l'efficacité d'un DCP côtier est fortement liée à la structure du fond autour de celui-ci. L'analyse de la structure des fonds doit être faite avant l'implantation de DCP dans le but d'optimiser l'attraction. Cet élément a été pris en compte en Martinique, mais à une échelle trop faible. La recherche de fond monotone d'une superficie qui reste à définir semble être le point important à favoriser lors de l'implantation d'un DCP côtier. Sur ce point, une comparaison avec les DCP posés au large est intéressante : ils sont caractérisés par un environnement où règne une forte monotonie. Le fait de rompre cette monotonie pourrait d'ailleurs expliquer en partie l'attractivité de ces structures pour les grands poissons pélagiques (Dagorn, 1994 ; Fréon & Misund, 1999).

Les résultats montrent que le nombre d'individus d'une espèce autour d'un DCP varie fortement (tab. 5). Cela traduit le fait que les espèces restent agrégées au DCP pendant une période limitée. Ensuite, le classement des espèces selon la nomenclature de Parin & Fedoryako (1999) montre que l'occupation du volume d'eau autour d'un DCP côtier est structurée de la même façon que sur les objets flottants du large. De plus, pour chaque classe, nous avons en commun au moins une espèce. Néanmoins, il est intéressant de préciser que les distances prises en compte pour définir les différentes classes ne correspondent pas à des limites infranchissables par les poissons. Aussi, les poissons faisant partie des « extranatants » peuvent se retrouver à plus de 2 m de la structure pendant de longues périodes.

Nous avons décrit l'activité des petits pélagiques, notamment des comètes quiaquia et des listaos sous les DCP, par deux phases. Ces deux phases, l'une de regroupement du banc et l'autre de recherche de nourriture, sont également rapportées par d'autres auteurs (Klima & Wickham, 1971). Néanmoins, ces activités ne semblent pas être liées à leur présence à proximité d'un DCP. Nous avons relevé des comportements identiques hors DCP, en pleine eau ou à proximité de structures rocheuses. Les petits pélagiques n'adoptent donc pas nécessairement un comportement différent sous et hors DCP.

Différentes hypothèses sont émises pour expliquer l'agrégation des poissons autour des objets flottants. On peut, pour certaines espèces, indiquer les hypothèses qui paraissent les plus cohérentes avec nos observations préliminaires. Pour les « intranatants » et les « extranatants », la recherche d'un environnement de substitution semble une motivation suffisante pour expliquer leur présence sur les dispositifs (Hunter & Mitchell, 1967). Dans notre cas, on peut supposer que les alvéoles des caisses offrent les caches dont les poissons ont besoin pour se protéger des prédateurs. Cette hypothèse est confortée par le fait que les DCP munis d'une bâche n'ont pas été efficaces sur ces deux classes.

Pour les petits pélagiques classés comme « circumnatants », les raisons qui expliquent leur présence à proximité du DCP ne sont pas si évidentes. Au vu de nos observations, l'hypothèse la plus concordante est celle du point de référence cité par Klima & Wickham (1971). Par contre, il nous est difficile de discuter de l'hypothèse du point de rencontre (Dagorn, 1994; Fréon & Misund, 1999), compte tenu du nombre restreint d'informations dans cette phase initiale de l'étude. Le fait d'avoir observé une agrégation importante de comètes quiaquia autour d'un DCP muni d'une bâche permet d'avancer que la recherche d'abris ou la présence de caches ne motive pas l'agrégation de cette espèce. Ainsi, nos observations se rapprochent de celle de Klima & Wickham (1971) qui indiquaient qu'un DCP plus complexe (plus de protection et de caches) n'engendrait pas d'agrégation plus importante. Néanmoins, même s'il est peu probable que, pour les petits pélagiques, la recherche de protection soit un facteur déterminant de l'agrégation, on observe que les poissons, une fois agrégés, utilisent la structure afin de se protéger. Le DCP est alors utilisé de la même façon qu'une structure naturelle par le banc.

Conclusion

Les DCP côtiers en place en Martinique n'ont pas donné, pour le moment, les résultats escomptés au plan halieutique. Les analyses prévues initialement dans le cadre de cette étude et, notamment, la comparaison des captures à la senne sous et hors DCP n'ont pu être réalisées faute de concentrations suffisantes. Les quantités agrégées sont restées très inférieures à celles obtenues dans d'autres régions. On peut émettre l'hypothèse que les sites testés en Martinique ne présentent pas une monotonie assez forte pour que le DCP soit efficace. Le nombre d'observations et les moyens mis en œuvre sont restés insuffisants dans cette phase préliminaire pour pouvoir dégager des conclusions pertinentes sur les mécanismes régissant l'agrégation des petits pélagiques.

Références bibliographiques

- Dagorn L., 1994. Le comportement des thons tropicaux modélisé selon les principes de la vie artificielle. Thèse de doctorat en halieutique. École nationale supérieure agronomique de Rennes, France, 250 p.
- Dooley J.K., 1972. Fishes associated with the pelagic *Sargassum* complex, with a discussion of the *Sargassum* community. Inst. Mar. Sci. Texas University. Mar. Sci., 16, 1-32.
- Fréon P., Misund O.A., 1999. Dynamics of pelagic fish distribution and behaviour: effects on fisheries and stock assessment. Fishing News Books, Oxford, London, 348 p.

- Hales L.S., 1987. Distribution, abundance, reproduction, food habits, age, and growth of round scad, *Decapterus punctatus*, in the South Atlantic Bight. *Fish. Bull.*, 85, 251-268.
- Harmelin-Vivien M., Harmelin J.G., 1985. Présentation d'une méthode d'évaluation *in situ* de la faune ichtyologique. *Trav. Sci. Parc Natl. Port-Cros*, 1, 47-52.
- Hunter J.R., Mitchell C.T., 1967. Association of fishes with flotsam in offshore waters of Central America. *US. Fish. Bull.*, 66(1), 13-29.
- Klima E.F., Wickham D.A., 1971. Attraction of coastal pelagic fishes with artificial structures. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 100, 86-99.
- Parin N.V., Fedoryako B.I., 1999. Pelagic fish communities around floating objects in the open ocean. *In: Proceedings of the international workshop on the ecology and fisheries for tunas associated with floating objects*. Scott M.D., Bayliff W.H., Lennert-Cody C.E. & Schaefer K.M. (comp.). *Spec. Rep. I-ATTC*, 11, 447-458.
- Rountree R.A., 1989. Association of fishes with fish aggregation devices: effects of structure size on fish abundance. *Bull. Mar. Sci.*, 44(2), 960-972.
- Rountree R.A., 1990. Community structure of fishes attracted to shallow water fish aggregation devices off South Carolina, USA. *Environ. Biol. Fish.*, 29, 241-262.
- Taconnet M., 1987. Étude des caractéristiques de la pêche à la senne de plage en Martinique. Diplôme d'agronomie approfondie en halieutique. École nationale supérieure agronomique de Rennes, France, 120 p.
- Turquet J., Tessier E., Bosc P., Durville P., Quod J.P., 1998. Étude sur les récifs artificiels et le recrutement larvaire en zones à habitat limité à la Réunion. Rapport final ARVAM/ARDA/CRPMEM, 58 p. + annexes.
- Wickham D.A., Russell G.M., 1974. An evaluation of midwater artificial structures for attracting coastal pelagic fishes. *Fish. Bull.*, 72, 181-191.

Do FADs influence the geographical distribution of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*)?

Marc Taquet^(1, 2), Lionel Reynal⁽¹⁾, Martial Laurans⁽¹⁾

(1) Ifremer, délégation des Antilles, Drv/rh, Pointe-Fort, 97231 Le Robert, Martinique
Marc.Taquet@ifremer.fr

(2) École pratique des hautes études, ESA 8046 Éphé-CNRS, Perpignan, France

Abstract

For most fisheries, increasing the local production of pelagic fish is the main objective of Fish Aggregating Devices (FADs). This does not rule out the existence of a larger-scale impact, especially on the migratory behaviour of fish. The analysis of data collected during 25 experimental fishing surveys around Martinique between 1995 and 1997 has led to the hypothesis that FADs influence the migratory behaviour of young dolphinfish. Unlike recent studies of dolphinfish migration in the Caribbean, which tend to show an annual migration pattern with a seasonal passage through the French West Indies, the experimental fishing surveys done over more than a year on a monthly basis on a single cohort, show that the migratory pattern of part of the regional stock could be disrupted. This analysis has made it possible to estimate an average growth rate for this species during the first year of life.

Introduction

Given the very considerable fishing of coastal reef fish and market demand, which is not covered by local production, maintaining a fishing activity in Martinique henceforth means redeploying the fleet to the offshore pelagic species. As early as 1985, in his study of tuna resources in the Lesser Antilles, Marcille mentioned the potential for developing small-scale fisheries on tuna through the use of Fish Aggregating Devices (FADs). He recommended that research be conducted in order to better understand the distribution of the different species and to improve catching techniques.

The mechanisation of the “yoles” (small boats without decks), which began in Martinique in the middle of the 1950s, has considerably extended the range of these small fishing boats, which traditionally go out for daily fishing trips (<12 hours). Thanks to their outboard motors, it has become possible to prospect much larger areas and to go offshore to look for large pelagic fish on logs. In Martinique, this mode of fishing is called “fishing at Miquelon”, probably to underline the distance from the coast. The target species of “Miquelon” fishing is dolphinfish, but wahoo (*Acanthocybium solandri*), rainbow runner (*Elagatis bipinnulata*),

yellowfin (*Thunnus albacares*) and skipjack (*Katsuwonus pelamis*) tunas are also landed regularly. "Miquelon" fishing is done seasonally from December to May. Its difficult work requires a crew with excellent stamina. Some fishermen travel almost 100 nautical miles per day at more than 20 knots on seas which are often rough, looking for logs or flocks of birds indicating schools of fish. Following the initial trials in Martinique (Sacchi & Lagin, 1985) and after several development programmes, FADs today represent an operational tool for Martinique's artisanal fishing fleet. The initial objective which led to the use of FADs was to increase the concentration of fish in order to improve the efficiency of the fishing activity. But this does not exclude the existence of an impact on a much larger scale, in particular by changing the migratory behaviour of some species. Experimental surveys on FADs in the waters around Martinique done by Ifremer between 1995 and 1997 showed a monthly increase in the size frequencies of dolphinfish catch. This increase leads us to wonder about a possible change in the migratory pattern of the species brought by the FADs. Although, the data collected during this exploratory study is inadequate to demonstrate anything about migration patterns of dolphinfish in the Caribbean region, this paper has, as its main objective, to discuss a hypothesis. Do drifting and anchored FADs influence the geographical distribution of this species, which has very strong associative behaviour?

Material and methods

The method used was based on experimental fishing surveys done monthly over the two years of the study. These surveys lasted seven days and were done using a chartered fishing boat, the *Polka*, which was fitted out and equipped for the needs of the study. The *Polka's* crew was made up of two fishermen and two biologists. Since the programme covered all the pelagic species likely to be present in the zone surveyed, various fishing techniques were used both by day and by night. The surveyed water layer went from the surface to a depth of 600 m, different variations of the drifting longline being chosen as the main gear:

- drifting horizontal surface longline (89 sets);
- drifting oblique longline (115 sets).

Apart from the different types of longline, the following fishing techniques were also used:

- trolling with artificial lure (during daytime movement of the boat);
- trolling with fresh bait (as soon as dolphinfish were visually detected);
- driftline fishing with fresh bait (when dolphinfish were aggregated around the boat).

Alongside the experimental fishing, underwater observations were carried out when weather conditions permitted either by divers or using an underwater video camera linked to the boat. The advantage of the direct observations was they were not distorted by catchability linked to the fishing gear used. They also enabled the observation of the small fauna associated with FADs. For some species, and in particular for small

dolphinfish, underwater observations made it possible to use gear whose size was suited to catching the fish on the fishing site. For each pelagic fish caught, a set of biometric and biological parameters was noted:

- exact identification of the species;
- measurements: fork length and weight;
- identification of the sex and stage of maturity (see the table).

Table - Maturity stages of the dolphinfish (*Coryphaena hippurus*).

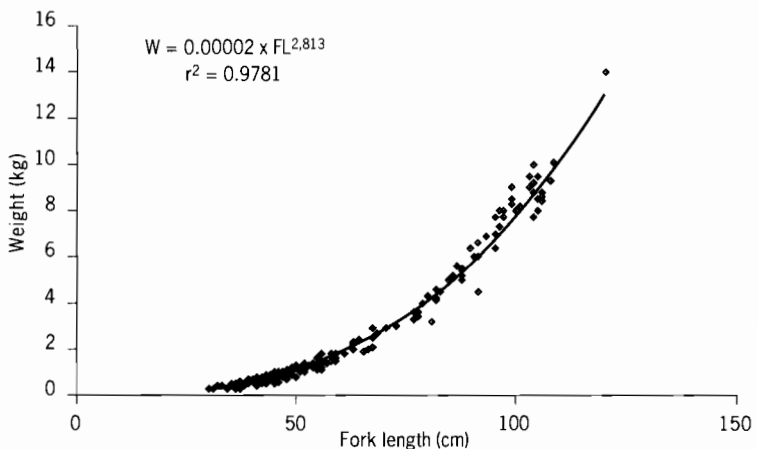
Males	1 - Immature	Tests small, firm, colour pale flesh to pink
	2 - Maturing	Tests enlarged, colour pale pink to white, milt extruded after cutting and squeezing
	3 - Mature	Milt runs out after a little pressure on body cavity
Females	1 - Immature	Ovary long and thin, hollow tube, red to pink
	2 - Maturing	Ovary much enlarged, eggs easily visible, bright yellow to orange
	3 - Mature	Ovary distended, very large with clear eggs

All the information collected was keyed into the computer using Access for Windows. The size-weight relationship was calculate separately for males, females and the whole sample. After logarithm transformation, the difference in the slope values was examined using covariance analysis. Student's *t*-test was used to test the isometry (Massuti *et al.*, 1999). For the date-length relationship, due to the limited data (catches from experimental fishing only), the growth rate estimate was only calculated by linear regression.

Results

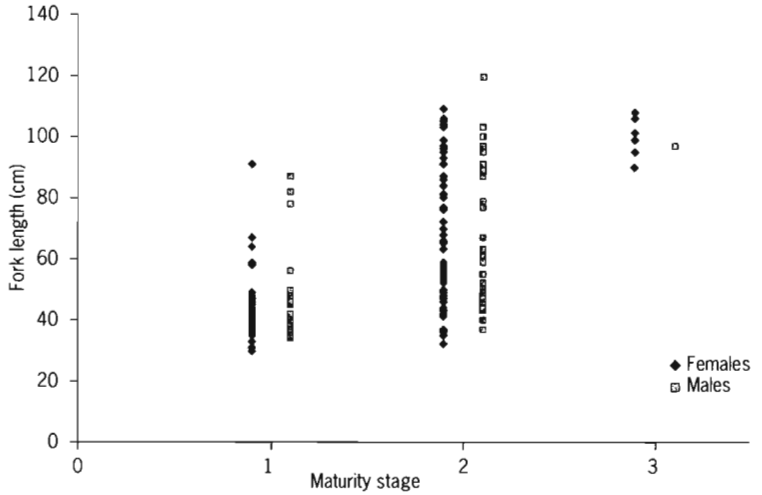
Dolphinfish was the predominant species, with 224 fish caught. The size-weight relationship was initially calculated by separating the females (n = 156) from the males (n = 68). Both regressions lead to positive allometry but the covariance analysis shows that the curves are not significantly different. The relationship was then calculated using all the data (fig. 1).

Figure 1
Size-weight relationship of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) established from catches made in Martinique.



From 40 cm fork length, many males and females have gonads in the process of maturing. This observation confirms the early sexual maturity of dolphinfish (fig. 2). Some spawning females and one sperm-available male (fork length approximately 100 cm) were also found in the zone surveyed.

Figure 2
Maturity stages-length relationship of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) established from catches made in Martinique.



An analysis of the size of the dolphinfish related to the date of the catch shows a characteristic distribution of the data (fig. 3). This distribution leads us to formulate the hypothesis that recruitment starts in July each year. On the basis of this hypothesis, the initial data have been regrouped as follows: for each point between the lines of the equations $y_1 = x/5 + 80$ and $y_2 = x/5$, $x = x + 365$ (difference of one year); for each point underneath y_2 , $x = x + (2 * 365)$ (difference of two years). After moving the zero on the time origin to the 1st January 1996, we get a new representation of the data. The slope of the linear regression on this new basis provides an assessment of the growth rate. Between 30 and 120 cm fork length, the rate is assessed at 0.2 cm per day (fig. 4).

Figure 3
Size composition of dolphinfish catches (*Coryphaena hippurus*) related to dates of catch.

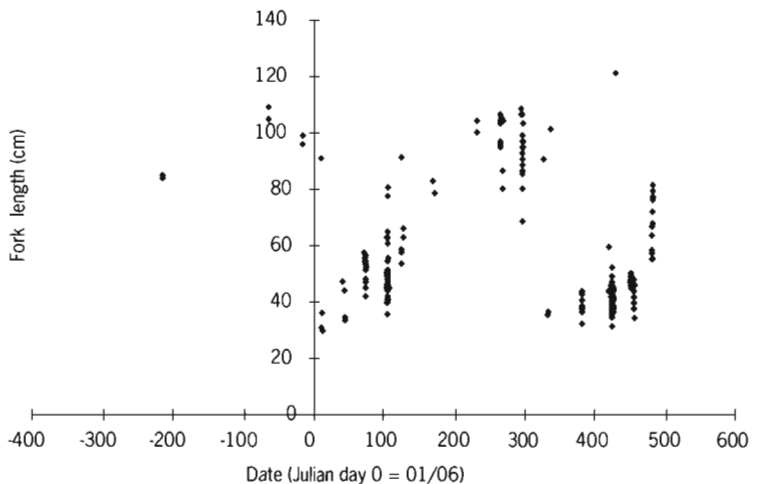
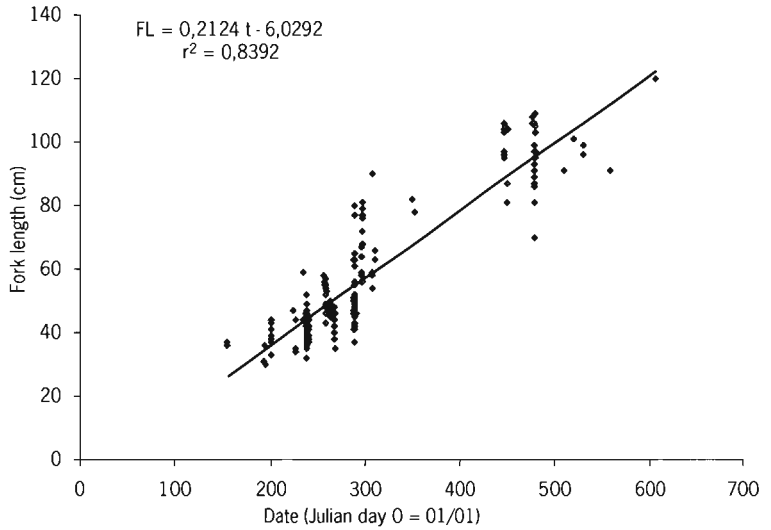


Figure 4
Evaluation of a growth rate for dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in Martinique.



Discussion

Regarding the weight/length relationship, covariance analysis shows that the male and female curves were not significantly different. This is probably the consequence of on-board weighing, which does not allow for precision and leads to a strong variance in weight measurements. Using different sources of data (halieutic, biological and genetic), Oxenford & Hunte (1986a) have postulated for the region (FAO zone 31) a distribution of dolphinfish in two stocks, each with its own migratory pattern: a southern stock limited to the north by the Virgin Islands and a northern stock going from Puerto Rico to North Carolina (fig. 5). This migration hypothesis is based on an analysis of the monthly catches surveyed in the different fisheries in the region. We can also see that the monthly distribution of size frequencies of dolphinfish in Barbados, presented by the same authors (Oxenford & Hunte, 1983), shows, as in Martinique, a steady growth in the size of the fish. Only a sedentary behaviour pattern can explain such an observation over several consecutive months. The authors assimilate this modal progression to the growth of individuals. They deduce a daily growth rate of 0.153 cm, calculated on a standard length of fish of about 60 to 120 centimetres. The same phenomenon of monitoring a cohort is presented for Saint Lucia (Murray, 1985). The author used the Cassie method (1954) to calculate the different growth rates. This gave an average rate of 0.178 cm per day. These rates are fairly close to those obtained in Martinique on dolphinfish between 30 et 120 cm at the fork (0.2 cm/day) and those obtained by Beardsley (1967) (0.199 cm/day) for the first year of life of dolphinfish in Florida. Much higher growth rates have been obtained in fish-farming: 0.59 cm/day (Hassler & Hogarth, 1977) and 0.96 cm/day

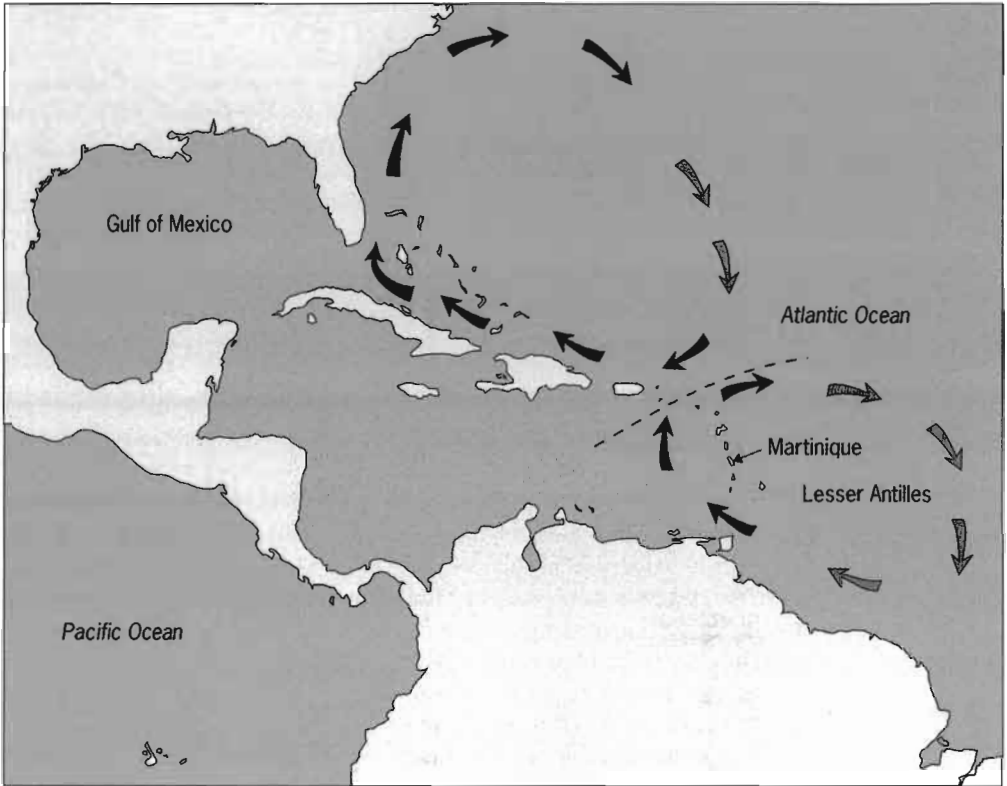


Figure 5
Migration pattern of the two dolphinfish stocks proposed by Oxenford & Hunte (1986). The dark arrows show the part of the migration circuit where catch data are available, the light arrows, where catch data are not available.

(Schechter, 1982). They tend to show that the availability of food can lead to very considerable differences in growth in the natural environment. The monthly size distribution observed in Martinique, Saint Lucia and Barbados stems from the spread of the spawning season, which is well-known for this species (Beardsley, 1967; Palko *et al.*, 1982; Oxenford & Hunte, 1986b; Oxenford, 1999).

The hypothesis of the migration of the southern stock, deduced from the difference in the production peaks in the various Caribbean islands, would seem to be incompatible with the possibility of observing the increase in a cohort over a long period. Consequently, we formulate the hypothesis of a specific behaviour pattern of dolphinfish according to the age of the individuals. The range of mobility of dolphinfish would seem to increase with age. Young individuals seem to stay in their recruitment zone as long as they find the necessary prey. With age, their trophic needs increase rapidly to satisfy energy requirements linked to reproduction. The mobility of the fish seems to increase in order to optimize the possibilities of meeting logs (prospecting behaviour). The largest dolphinfish would look for logs with a lot of prey far offshore. As Palko *et al.* (1982) suggest, their migration would be strongly influenced by the distribution and the drift of floating objects.

The monthly catch profiles of the different islands during the fishing season, used as a basis for the proposal regarding the regional migration of two stocks, are probably influenced by the weight of the large individuals. Fishing on floating logs makes the largest fish very vulnerable. When the log is found, practically the whole associated school will be caught, whereas this is not the case for free-swimming schools and for young individuals. The production peak observed for each island may correspond to the maximum occurrence of floating objects in the respective zones, linked to regional hydrology. The pattern proposed by Oxenford & Hunte (1986a, b) would therefore correspond to the migration of part of the stock (the large individuals) closely linked to the movement of drifting logs.

During the first months of life, young dolphinfish could therefore be much less mobile than is habitually shown in migration patterns for the species. In which case, the FAD network anchored around the islands could contribute to making part of the stock sedentary by offering hunting grounds suited to the feeding behaviour of the species. The ability of certain pelagic fish to navigate from one FAD to another in the same island network has been shown more than once by ultrasonic tagging (Cayré, 1991; Marsac *et al.*, 1995).

The arrival of large adult dolphinfish during the second part of the "Miquelon" fishing season (April to June) could favour reproduction in these waters. The new "local" recruits would find favourable feeding and growth conditions on the FADs around the island. The stomach contents studied by Oxenford & Hunte (1999), made up largely of fish known to be associated with drifting floating objects, show that the search for prey constitutes an important factor in determining the aggregation of dolphinfish.

Conclusion and prospects

The simultaneous monitoring of tagged dolphinfish and drifting logs would make it possible to understand the aggregating behaviour of the species better. At the same time, such operations would improve our knowledge of the growth of this species in the wild. If, through tagging operations, it is proved that the migration of dolphinfish is really conditioned by floating objects, the area of distribution of the stocks would depend on the movement of the logs on the oceans and would therefore be closely linked to regional hydrology. In the past, tree trunks were probably the most frequent type of floating object on the three oceans. With the development of maritime shipping in the middle of the nineteenth century, cargo stowed on the deck and lost during storms provided other types of objects, not always natural, whose presence at sea was accidental. Fluctuations in the availability of floating objects may have repercussions on the size of dolphinfish stocks. The considerable development of anchored FAD networks in certain regions may also change the migratory behaviour of dolphin-

fish. This underlines the need to monitor catches and to regulate access to these devices. Although no sign of stock depletion has been shown, hypotheses on the structure of regional stocks have led certain countries in the Western Central Atlantic region to draw up recommendations on fishing dolphinfish. It would seem henceforth to be essential to continue research in order to define better the fishing limits which would make it possible to manage and protect a shared regional resource better.

Bibliographic references

- Beardsley G.L., 1967. Age, growth and reproduction of the dolphin, *Coryphaena hippurus*, in the Straits of Florida. *Copeia*, 2, 441-451.
- Cassie R.M., 1954. Some uses of probability papers in the analysis of size frequency distributions. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.*, 5, 513-522.
- Cayré P., 1991. Behaviour of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) around Fish Aggregating Devices (FADs) in the Comoros Islands as determined by ultrasonic tagging. *Aquat. Living Resour.*, 4, 1-12.
- Hassler W.W., Hogarth W.T., 1977. The growth and culture of dolphin (*Coryphaena hippurus*) in North Carolina. *Aquaculture*, 12, 115-122.
- Marcille J., 1985. Les ressources thonières des Petites Antilles, situation actuelle et perspectives de développement. *FAO Fish. Circ.*, 787, 34 p.
- Marsac F., Cayré P., Conand E., 1995. Analysis of small-scale movements of yellowfin tuna around Fish Aggregating Devices (FADs) using sonic tagging. Expert Consultation on Indian Ocean Tunas, 6th Session, Colombo, Sri Lanka, September 1995, TWS/95/2/10, 20 p.
- Massuti E., Morales-Nin B., Moranta J., 1999. Otolith microstructure, age and growth patterns of dolphinfish, *Coryphaena hippurus*, in Western Mediterranean. *Fish. Bull.*, 97, 891-899.
- Murray P.A., 1985. Growth and mortality in the dolphinfish *Coryphaena hippurus* caught off Saint Lucia, W.I. In: National reports and selected papers presented at the fourth session of the Working Party on assessment of marine fishery resources, WECAFC (ed), Paipa, Department of Boyaca, Colombia, 29 October-2 November, 1984. *FAO Fish. Rep.*, 327, 147-153.
- Oxenford H.A., 1999. Biology of the dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the Western Central Atlantic: a review. In: Biology and Fishery of dolphinfish and related species. Massuti & Morales-Nin (eds). *Sci. Mar.*, 63(3-4), 277-301.
- Oxenford H.A., Hunte W., 1983. Age and growth of dolphinfish, *Coryphaena hippurus*, as determined by growth rings in otoliths. *US Fish. Bull.*, 81, 906-909.

- Oxenford H.A., Hunte W., 1986a. A preliminary investigation of the stock structure of the dolphin, *Coryphaena hippurus*, in the Western Central Atlantic. US Fish. Bull., 84, 451-460.
- Oxenford H.A., Hunte W., 1986b. Migration of the dolphin (*Coryphaena hippurus*) and its implications for fisheries management in the Western Central Atlantic. Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst., 37, 95-111.
- Oxenford H.A., Hunte W., 1999. Feeding habits of the dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the Eastern Caribbean. In: Biology and Fishery of dolphinfish and related species. Massuti & Morales-Nin (eds). Sci. Mar., 63(3-4), 303-315.
- Palko B. J., Beardsley G.L., Richards W. J., 1982. Synopsis of the biological data on dolphinfishes, *Coryphaena hippurus* Linnaeus and *Coryphaena equiselis* Linnaeus. NOAA Tech. Rep., NMFS Circ., 443, 28 p.
- Schekter R.C., 1982. Mariculture of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*): Is it feasible? Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst., 35, 27-32.
- Sacchi J., Lagin A., 1985. Implantation de dispositifs de concentration de poissons pour la pêche artisanale en Martinique. Note interne ISTPM, Le Robert, Martinique, 8 p.

Drifting FADs used in tuna fisheries: an ecological trap?

Francis Marsac, Alain Fonteneau, Frédéric Ménard

IRD, centre de Montpellier, laboratoire HEA, BP 5045, 34032 Montpellier Cedex 1, France
marsac@ird.fr

Abstract

This paper discusses the hypothesis that small tunas and the various species found in association with drifting FADs (such as “mahi-mahi”, rainbow runner, wahoo, etc.) may be biologically trapped by such a strong association. Massive seeding of drifting artificial FADs was observed worldwide during recent years. In this hypothesis, we suggest that FADs may alter some biological characteristics of epipelagic populations associated with them: migration, growth, condition factors, predation and natural mortality. As FADs are most often used in the equatorial currents, they tend to exhibit zonal drift. Therefore, the associated populations would be artificially transferred from one part of the ocean to another, when they would show different movement patterns in the absence of FADs. Natural logs were probably beneficial in terms of ecology and evolution, because they tend to accumulate in convergence areas, most often considered as rich forage areas. Now, FADs are seeded in off-shore areas, which are not necessarily favourable for tuna feeding. This apparently strong association between fishes and drifting FADs may then produce an unexpected biological impact on tuna populations and their associated fauna. The plan is to test this hypothesis in the Atlantic, developing an *ad hoc* research programme based on tagging, biological and physiological studies, in association to an analysis of high resolution fishery data before and after the development of the FAD fishery.

Introduction

Purse seine fishing on floating objects started in the Philippines during the late sixties. Networks of anchored rafts, dubbed payaos, had been deployed and were exploited by a tuna handline fishery. Some seiners started fishing operations around these FADs. This fishing mode turned to be very efficient and resulted in a drastic increase of catch during the following years. In 1972, more than 160000 t of tuna were captured around payaos (Marcille & Bour, 1981).

The use of drifting FADs in the purse seine fisheries is more recent: it has been initiated in the early eighties, during experimental surveys conducted by the Japanese organisation Jamarc in the Indian Ocean (Takahashi *et al.*, 1988; Watanabe *et al.*, 1988). Purse seiners had already taken advantage of the tuna aggregation around natural logs, first in the Eastern Pacific and Atlantic, and later in the Western Pacific and

in the Indian Ocean. From Japanese surveys in the Indian Ocean, it was considered that the number of natural logs drifting in the fishery was not important enough to maintain this type of fishing for a large fleet. Therefore, the deployment of man-made rafts of different types (payao type, steel frames, wood frames, bamboos) was tested and studied as a response to this issue. The conclusions of these studies, along with other trials undertaken by the purse seine fleets, were satisfactory enough to introduce this new fishing method in the purse seine and baitboat fisheries. In the early nineties, this mutation was accomplished and the production using this technique took off and came in first position, ahead of the conventional fishing method on unassociated (free swimming) schools (Fonteneau *et al.*, 2000b).

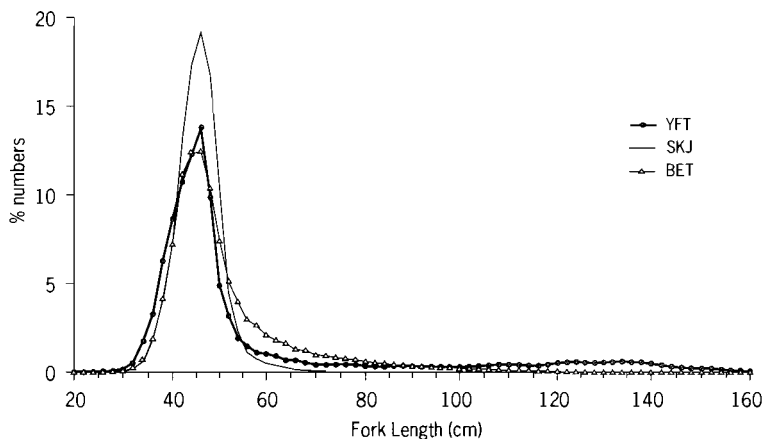
In that way, fishing on FAD is a method enhancing the catchability of tuna stocks. Recently, observations on the decreasing size of tunas caught with FADs in the Atlantic focused the attention to the possibility that the aggregation of juvenile tunas under these FADs would be detrimental to some biological characteristics of the associated fishes, due to their great number deployed by the fishery. This hypothesis is a new way of seeing the impact of FADs with a number of potential consequences on the tuna populations. In this paper, important facts on FAD fishing are recalled and discussed with respect to this hypothesis.

Some facts on the association between tunas and floating objects

Drifting FAD fishing is now developed worldwide and is catching yearly over one million tons of tunas (Fonteneau *et al.*, 2000). When analysing the sizes of tunas caught by the different fisheries, it is striking to see the great similarity of the observations, suggesting that the underlying aggregation process is controlled by behavioural and physiological rules (fig. 1).

Several hypotheses were proposed to explain the aggregation on floatsam (Fréon & Misund, 1999). Among these, the “meeting-point hypothesis” states that a FAD enhances the formation of large schools, either from individuals or from small schools. A fish joining a greater group

Figure 1
Average sizes of tunas, yellowfin (YFT), skipjack (SKJ) and bigeye (BET) (in numbers) taken under FADs (worldwide average, recent years).



will increase its probability of survival, until an optimal size is reached (Pitcher, 1986). Schooling process occurs mainly for species of similar sizes, which share the same habitat, have to face the same feeding requirements or share the same threats from the predators.

Tunas aggregated around FADs are mostly small size fishes (less than 70 cm). Adult yellowfin are also found around FADs, which produce a significant mode in weight, at 120-130 cm FL. Conversely, adult bigeye remain in the deep, and are less vulnerable to surface gears. Superimposing the size distributions (in numbers) of the three species exploited by the purse seiners, brings out a striking mode at 46 cm (fig. 1). Acoustic observations show a peculiar vertical distribution of tunas under a FAD, with small individuals of different species in the upper layer and large individuals scattered in the deeper layer (Cayré & Marsac, 1993; Josse *et al.*, 1999). The vulnerable fraction of this biomass to the gears is predominantly skipjack (58% of the catch, worldwide average 1994-1998, West Pacific excluded) and juvenile of yellowfin (27%) and bigeye (15%).

Artificial FADs and natural logs: a different oceanic distribution

An example is given from the East Atlantic surface fishery. Sets on natural logs and on unassociated schools showed distinct geographic distributions in the late seventies. Unassociated schools (fig 2b) were more abundant offshore (south of Equator), whilst the distribution of the natural logs reflected the physical properties of the environment, namely the proximity of great river mouths and the surface current pattern (fig. 2a). Various floating debris (bamboo packs, groups of branches, wooden logs) are washed up at sea by large rivers flowing across the equatorial forests (especially the Congo river), running into the Gulf of Guinea between 5°N and 5°S. The circulation of surface waters in the Gulf of Guinea is rather complex, with numerous small-scale vortex well described by drifting buoys (Piton & Kartavtseff, 1986). The eastern part of the Gulf of Guinea is therefore considered as a retention zone trapping drifting debris, which is enriched by seasonal coastal upwellings from July to September. The Lopez Cape used to be a productive fishing ground for the purse seine fishery during the seventies and the eighties. Lots of sets on natural drifting objects have been reported, producing more than 23% of the catch (Cayré *et al.*, 1988). In Ivory Coast and Ghana, biological production is also enhanced by upwelling, and the proportion of log catches amounted to 18% during the eighties. Offshore (0° to 5°N, 10°W to 20°W), a westward propagating eddy system generates a retention area where logs can be transported and trapped. In the 80s, the catch on natural objects reached 18.5% of the catch in this region which is enriched seasonally by waters advected from the equatorial upwelling (Menkès *et al.*, 1998). On the overall, natural logs tend to drift towards biologically productive areas. Conversely, very few natural logs were observed or fished in the offshore equatorial area, when unassociated schools were already fished in great numbers in this area.

In recent years, the distributions of FADs sets (fig. 2c) and free-swimming schools sets (fig. 2d) are very similar as the FAD fishing type has been developed offshore. Compared to the historical period, the artificial FADs concentrate high tuna biomass in non-conventional offshore areas, that are generally less productive ecosystems than the coastal ones.

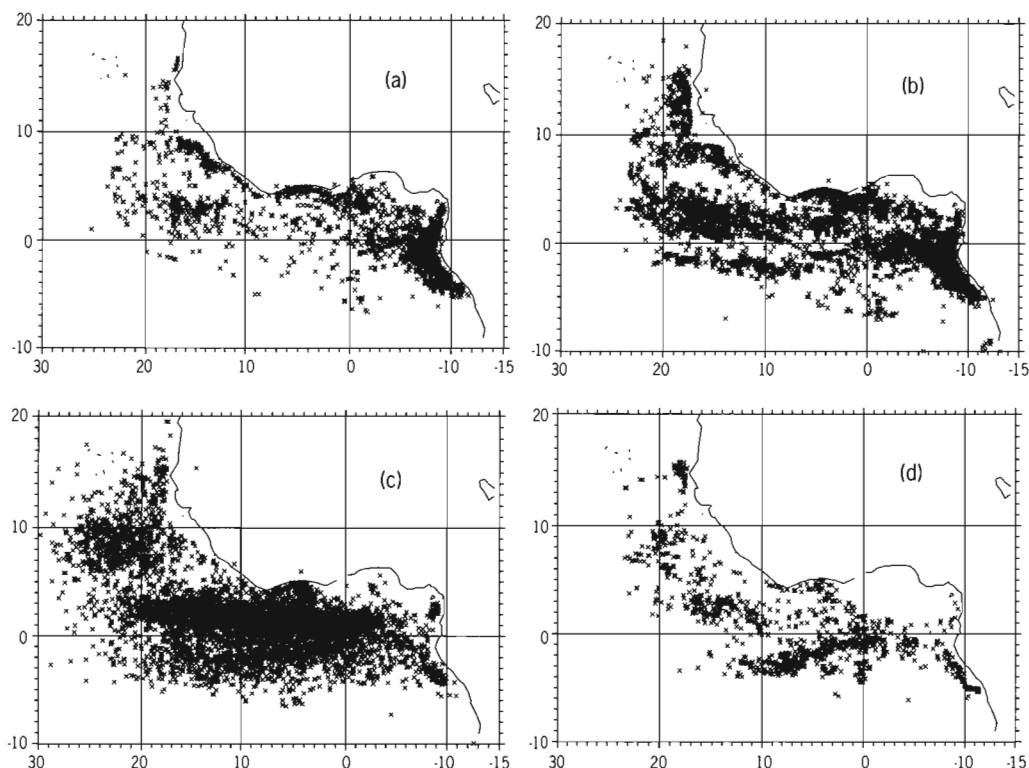


Figure 2
Comparative distribution of purse seine sets in two different periods of the fishery: 1976-1982 on natural logs (a) and unassociated schools (b); 1995-1996 on FADs (c) and unassociated schools (d).

An hypothesis based on a trapping effect of the FADs

The hypothesis of the FADs acting as an ecological trap is discussed in three related steps:

- H1: the aggregation of small tunas under FADs is a fast, strong and long-lasting process;
- H2: the large numbers of drifting FADs in the equatorial zone can alter the natural movements of this fraction of the tuna stocks;
- H3: subsequently, drifting FADs affect negatively the growth and the natural mortality of small tunas which remain associated with FADs.

A fast, strong and long-lasting association

Experimental fishing surveys using FADs have shown a quick response of tuna schools in the aggregation. In the Eastern Indian Ocean, the Jamarc estimated significant amount of tuna (several tons, allowing a purse seine set) 7 days after deployment of the FADs (Watanabe *et al.*, 1988).

In the Atlantic, Bard *et al.* (1985) reported that a FAD had attracted a tuna school during the first hour following the deployment, and several of these FADs were colonised by tunas within one week.

It was also noted that the baitboat fishery operating in Senegal is exploiting schools that are concentrated during very long periods of time (several months) under the boats (Hallier *et al.*, 1998). Tagging undertaken in the MAC¹ programme has shown that the different species (skipjack, yellowfin, bigeye) associated with the "FAD-vessel" remain in similar proportions with time. Moreover, some observations suggest that the fidelity of the fishes to the "FAD-vessel" could be quite high. Most of the fishes tagged are recaptured several weeks later by the boat from which the fishes were released, and very few tag returns are recorded in the proximate purse seine fishery (20 miles away; Hallier, pers. comm.).

Tagging and recapture at the same FAD by the same vessel is a remarkable event, which has been observed for juvenile yellowfin during experimental cruises by the JAMARC in the Indian Ocean (Takahashi *et al.*, 1988). Results are summarised in table 1: the drift speed has been estimated around 0.4 to 0.6 knot for fishes recaptured after a maximum of 10 days at liberty. This speed estimate is consistent with the current drift (Equatorial Counter-Current) in the area studied (Central Indian Ocean). Two other fishes were recaptured after respectively 36 and 90 days. There is no evidence of a close and permanent association of the fish with the same object during the period at liberty. However, such results suggest that tunas did not undertake large oceanic movements as usually expected.

Table 1 - Tagging and recapture at the same FAD by the purse seiner *Nippon Maru* of the Jamarc, in the Indian Ocean (Takahashi *et al.*, 1988).

Tagging-recapture	Distance (nm)	Duration (days)	Drift speed (knot)	Size of fish (cm)
Feb. 16-18, 1988	29	2	0.6	52
Dec. 25-31, 1986	72	6	0.5	54
Feb. 4-12, 1987	77	8	0.4	50
Jan. 27-Feb. 6, 1987	144	10	0.6	51
Jan. 10-Feb. 15, 1984	?	36	?	52
Dec. 27, 1987-Mar. 27, 1988	?	90	?	54

Hampton & Bailey (1999) reported a tagging experiment carried out on a single log in the Western Pacific, demonstrating the dispersal of tuna from the log association after a few days. However, using a large tag-and-release data set for different types of association, the same authors acknowledge that the large movements exhibited by skipjack tagged at logs could be due to the association with the original log or with other logs that are drifting along substantial distances with the current.

1. MAC: research programme "Mattes Associées aux Canneurs" (tuna schools associated to baitboats) developed in Senegal between 1995 and 1999 by various Senegalese, Mauritanian and French research institutions.

Addressing the question of the FAD trapping effect on a long-term basis does not necessarily require a long-lasting association to a single object. In fact, we consider that tunas may be trapped within oceanic areas characterised by high densities of FADs. Already, significant changes of species composition of tuna schools have been noticed: the number of mixed-species free schools which were fished in the 1980s have been reduced drastically in the recent years. Almost all the mixed-species schools are now observed in association with FADs (Fonteneau *et al.*, 2000b).

The observations above reported are not sufficient enough to validate a long-term association within a network of drifting objects. The fidelity of fish to logs or FADs has to be investigated using *ad hoc* methods.

A modification of the natural movements

Large numbers of FADs are presently released at sea. In 1998, it has been estimated that an overall 3 000 rafts equipped with radio-beacons was monitored by the European purse seine fleets operating in the East Atlantic from Abidjan (Ménard *et al.*, in press). Other tuna fleets in Ghana (baitboats and purse seiners) are also using large numbers of artificial FADs (Bannerman, pers. comm.), so this number is likely to be underestimated. As shown earlier, the deployments are made in the offshore zones, along the equator, characterised by a westward transport (South Equatorial Current). Therefore, the tunas trapped at FADs in the east would drift zonally (to the west), whereas the trophic migrations are oriented poleward. In the example of the skipjack, the ICCAT international Skipjack Year Programme, in the early eighties, has revealed seasonal migrations from the Guinea Gulf to the more productive areas of Senegal (to the north) and Angola (to the south). If juvenile tunas remain trapped in the Equatorial network of FADs, they may show less migrations to the productive coastal areas which were an important component of their evolutionary and recent life cycle. Similar consequences might be expected for some species of the fauna which are associated to the FADs among tunas, such as "mahi-mahi" (*Coryphaena hippurus*) (Taquet *et al.*, 2000), rainbow runner (*Elagatis bipinnulata*), wahoo (g. *Acanthocybium* and *Scomberomorus*) and some species of sharks (*Carcharinus falciformis* and *C. longimanus*).

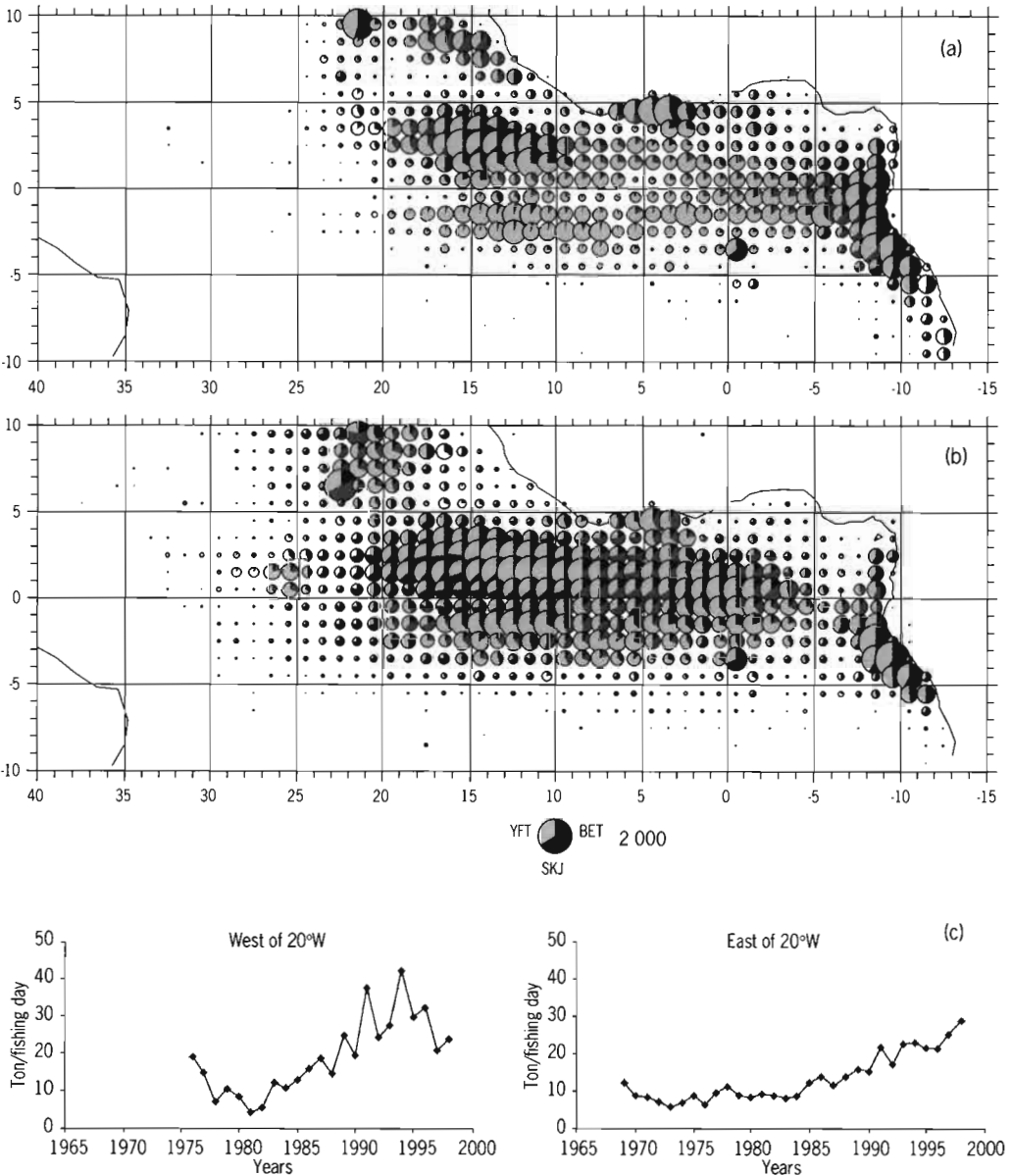
The two major points above mentioned were tested from the catch and effort data set of the purse seine fishery for the period 1969-1998:

- Westward extension of the purse seine fishing grounds

Prior to 1991, the purse seine catches in the equatorial region were essentially distributed east of the longitude 20°W (fig. 3a). Considering the area 0°-20°W/5°N-5°S, the species composition was dominated by large yellowfin south of the equator. The only significant proportion of skipjack in the catch was found south of Liberia (10°W-20°W) in relation to natural logs sets. After 1991, the fishing area stretches out as far as 30°W and the species composition east of 20°W includes a greater proportion of skipjack and bigeye than in the previous period (fig. 3b). The increase of these two species in the catch is a consequence of the fishing activity on FADs.

Time series of CPUEs for 1969-1998 are presented in figure 3c to compare the trends east and west of 20°W. The development of the FAD fishery in the early 1990s was followed by an increase of the CPUE in both areas; this increase showed a higher magnitude west of 20°W. This is likely to be a direct consequence of a greater vulnerability of the resource to the gear due to the school concentration at FADs. However, the assumption of an increased abundance west of 20°W by immigration of tuna associated with drifting objects cannot be rejected. Experiments at sea should be undertaken to test this assumption.

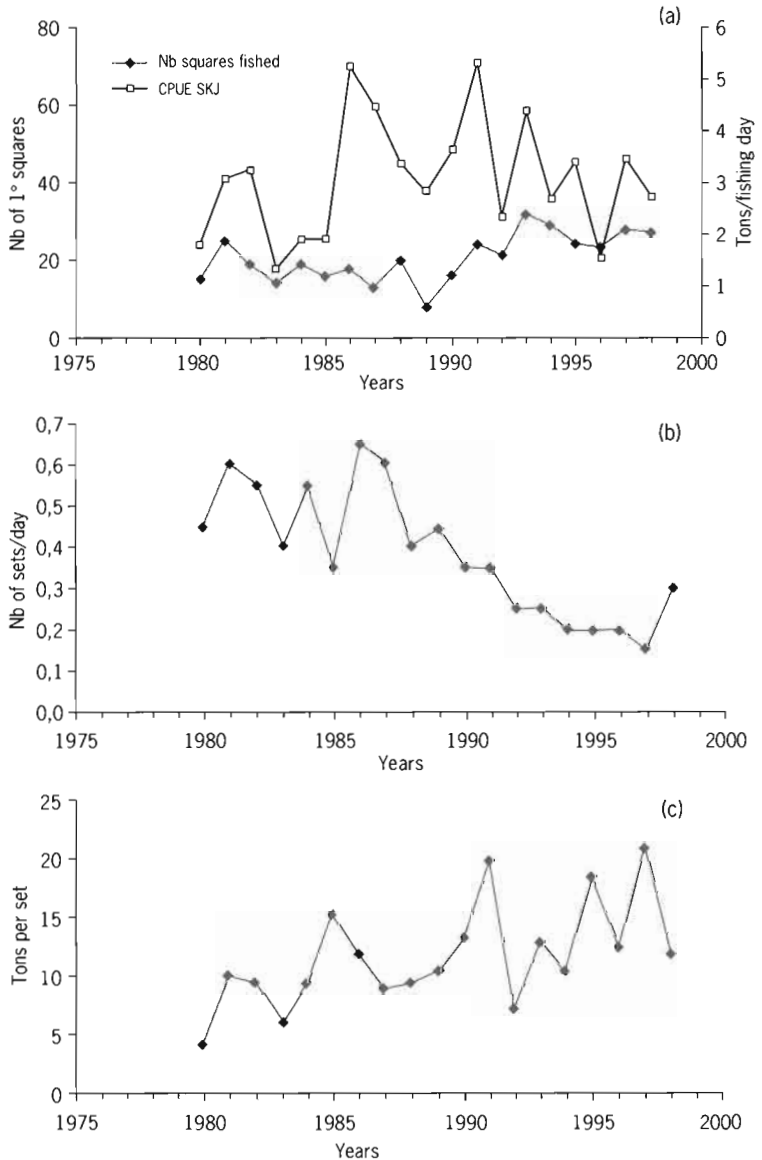
Figure 3
Geographic distribution of the catch (with species breakdown) in 1980-1990 (a), since the development of the FAD fishery (b), and corresponding CPUEs in east and west areas of 20°W (c).



• Density changes of skipjack in Senegal

Various indicators were calculated from the catch and effort statistics of the French and Spanish purse seine fleets, in order to assess the remote effects of the development of the equatorial FAD fishery on the dynamics of skipjack population during their summer migrations to the north. In the Senegal zone (10°-20°N, 15°-20°W), skipjack is the dominant species forming free-swimming schools. Before the 1990s, the purse seiners were operating south of 16°N. During recent years, the fishing grounds extended to the north (up to 20°N) to follow the seasonal migration of skipjack: the number of 1° squares producing more than 10 tons of skipjack has increased from 16 to 26 (fig. 4a). Despite this

Figure 4
Indicators of density changes of skipjack in Senegal (10°N to 20°N, 15°W to 20°W): number of fished squares producing more than 10 tons of skipjack and CPUE (a), mean number of sets per day (b) and catch per positive set (c).



extension in potentially favourable fishing areas, the CPUE index has started to decline since 1991 (fig. 4a), after a period of positive trend during the eighties. Another indicator, the number of sets per day, started to decline in 1987-1988 and the decreasing trend has been regular until 1997 (fig. 4b). In the period 1980-1985, there was an average of one set every two days, when it was only one set every five days in 1996. The changes in CPUE and number of sets per day could denote a decrease of the population abundance. Conversely, the catch per positive set (an indicator of the school size) has shown a positive trend since the early 90s (fig. 4c), which is not in contradiction with the trends of the other indicators. In fact, if we consider density-dependent processes, the behavioural response of a population whose abundance is declining can be a greater concentration in a limited space, such as the formation of larger schools (Pitcher, 1986).

A modification of growth and natural mortality

Few studies have undertaken analyses of the diet of tuna based on the comparison between associated and non-associated fishes: tunas do not feed on fish associated with the anchored FADs (Brock, 1985) nor with the floating logs (Hunter & Mitchel, 1967). However, Yesaki (1983) found cannibalism of large yellowfin tunas on small conspecifics associated with FADs in the Philippines. In the framework of the Picolo² programme, studies of the tuna diet in the South Sherbro area (0-5°N, 10-20°W) taking into account the type of association, the species and the size, are underway. The rate of empty stomachs is very high for the tunas caught under drifting FADs (85% vs 25% for unassociated schools), and lower daily food rates are estimated for small-size tunas associated to FADs, showing that drifting FADs cannot have a forage function, but would rather be a refuge.

Morphometrics sampling has been set up during 1997 and 1998 in order to study the design of purse seine escapement grids (Gaertner *et al.*, 1999). For the present analysis, we used the body width of skipjack caught north of 5°N, as a function of body length (ranging from 36 to 55 cm) to estimate a condition factor taking into account the type of association (FAD-associated vs unassociated schools). Different linear models were fitted to the data: $y_{ij} = a_i x_{ij} + b_i + \epsilon_{ij}$, with y and x respectively the body width and length of the fish j with the type of association i , and ϵ the residuals. Two separate slopes were not required ($p = 0.068$), and a simpler linear model with parallel regressions allowed to explain around 79% of the variation in the body width (tab. 2, fig. 5), showing that for the same length, body width is higher for unassociated tunas than for FAD-associated tunas. Figure 6 displays the fit of smoothing splines with approximately 20 degrees of freedom to the data: the smoothing of the FAD-associated data is almost always below the smoothing of the unassociated school data. This confirms the interpretation of the results

obtained with the linear model analysis: skipjack associated with FAD show lower condition factors in this area than skipjack caught in free-swimming schools, which is in accordance with the lower daily food rates estimated on FADs. Such studies have to be more developed, focusing on other indicators of the condition factor, e.g. biochemical analyses of the muscles or stable isotope ratios.

Figure 5
Body width (cm) as a function of fork length (FL in cm) for skipjack tunas associated to drifting FADs and caught on unassociated schools north of 5°N.

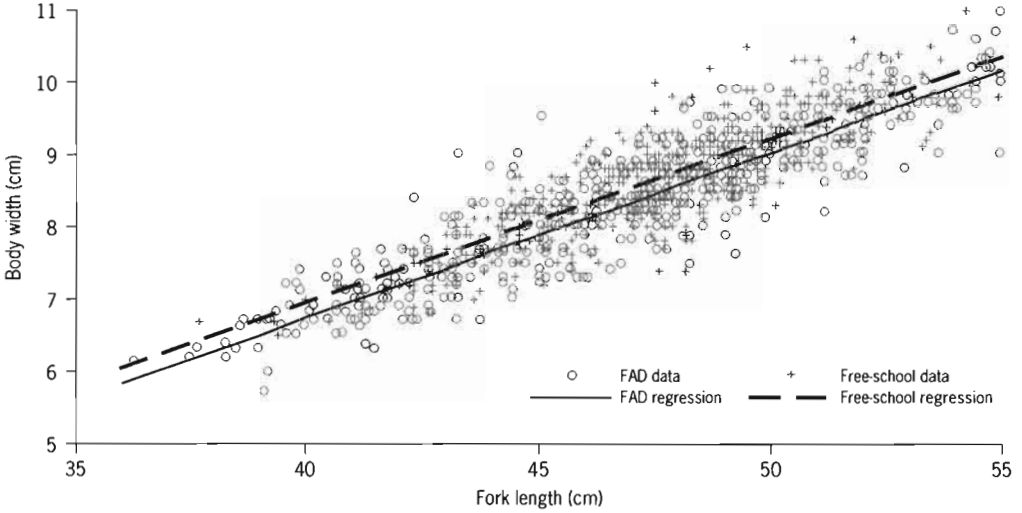


Figure 6
Smoothing splines with approximately 20 degrees of freedom fitted to the body width data for skipjack tunas associated to drifting FADs and caught on unassociated schools.

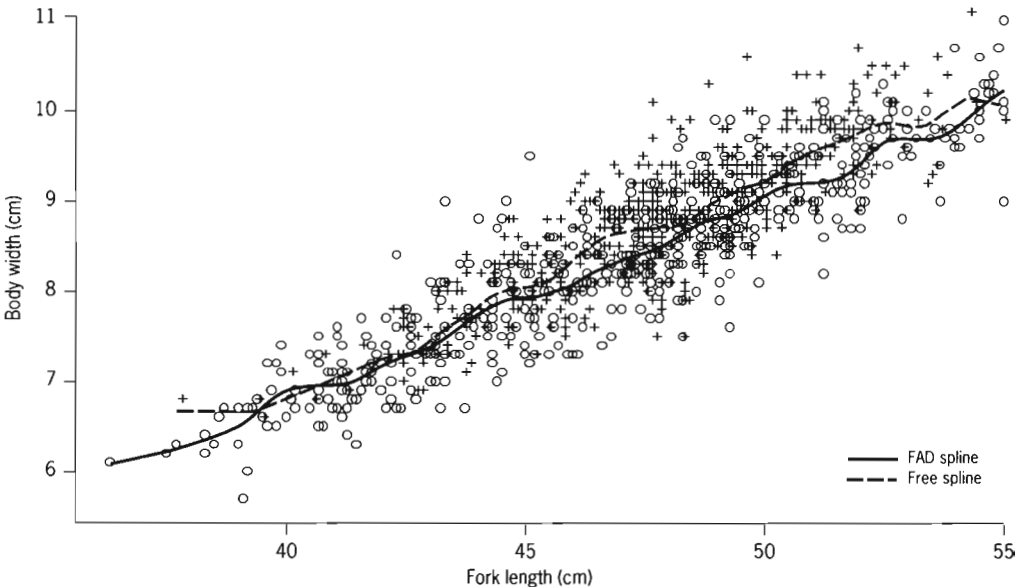
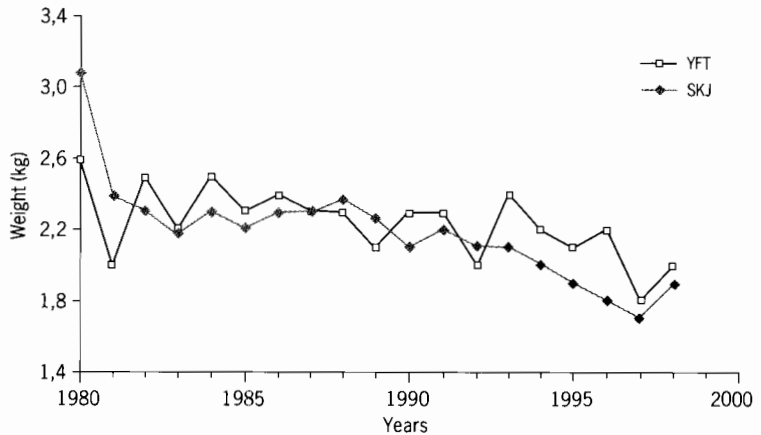


Table 2 - Analysis of variance table of the different linear models on the data of the body width versus the body length of skipjack tunas: $y_{ij} = a_i x_{ij} + b_i$, with y and x the body width and length respectively of the fish j with the type of association i .

Models	Df	Residuals sum of sq.	Test	F Value
M0: $y_j = a x_j + b$	999	191.52		
M1: $y_{ij} = a x_{ij} + b_i$	998	181.25	M1 vs M0	56.58
M2: $y_{ij} = a_i x_{ij} + b_i$	997	180.64	M2 vs M1	3.34

Significant changes in size and mean individual weight in commercial catches were observed during the recent period in the equatorial area, which may be due to the FAD fishing (fig. 7). The mean individual weight of skipjack in the South Sherbro area (0° - 5° N, 10° W- 20° W) shows a clear decreasing trend from an average 2.4 kg in 1981 to an average 1.8 kg in 1997 (25% decrease). As for yellowfin, considering both purse seine and baitboat fisheries and selecting the size of fishes taken at FADs (less than 60 cm), a decreasing trend has also occurred since the beginning of the eighties (2.3 to 2 kg, i.e. 15% decrease). The decreasing mean weight of skipjack and yellowfin could be a consequence of a size overfishing (basic ICCAT hypothesis) combined with a slower individual growth rate. Another factor could also be considered, that is the greater proportion of small-size tunas landed in the recent years. The average weight being calculated from the sampling in port, we cannot exclude that this may play a role in the observed decreasing trend.

Figure 7
Average weight of tunas taken on FADs in the equatorial zone: juvenile yellowfin (< 60 cm FL) in the East Atlantic surface fishery and skipjack in the South Sherbro area (0° - 5° N and 10° W- 20° W).



Large tunas, billfishes and sharks which are potential predators of small tunas are frequently associated with FADs (Stretta *et al.*, 1996; Hallier & Parajua, 1999; IATTC, 1999). This FAD association of predators and preys may facilitate predation upon small tunas, and then may increase natural mortality (M coefficient) of small fishes living under logs.

Potential consequences in the perspective of stock assessment

Following this hypothesis, the effects of the FADs on the biological characteristics of associated species can be summarised in the following points:

- the combined effects of natural schooling behaviour and attractiveness to an anomaly of the environment would generate huge concentrations of juvenile tunas in association to FADs in areas where such types of schooling was not observed before;
- a great density of drifting FADs in an oceanic zone might trap a significant part of the populations of juvenile tunas and alter the natural movements towards the trophic areas in keeping large fraction of stocks in the equatorial zone;
- the growth rate of Atlantic skipjack tunas, was estimated to be higher in the tropical areas than in the equatorial zone (Bard & Antoine, 1986). During their life cycle, skipjack do show alternate movements between equatorial and temperate areas; their individual growth is an integration of the past feeding conditions and the energy spent to travel between these locations. Consequently, the lack of significant movements polewards could maintain large fraction of stocks to their low level of growth rate. Moreover, the concentration of fishes at FADs would also increase the competition for feeding and the potential predation by predators (Bakun, 1996). This reduced growth rate and the increased M would reduce the biological productivity of the corresponding populations. The natural logs were considered as a positive way for small fishes to congregate and being transported in the converging zones where forage is also concentrated (Hall *et al.*, 1999). On the opposite, the dynamics of tunas associated with artificial FADs, as seen in the industrial surface fisheries, might have adverse effects on the biological features of the juvenile tunas. With respect to stock assessment, potential consequences of FADs are significant. The use of FADs is an important factor responsible of the increased efficiency of purse seiners worldwide. The effects of FADs on the fishing powers are difficult to assess precisely (Fonteneau *et al.*, 1998; IATTC, 1999; Gaertner & Marsac, 1999) but no attempt has been done so far to evaluate the potential effects of FADs on the biology of tuna.

How to test this hypothesis?

The East Atlantic industrial surface fishery is one of the fisheries where the transition between the different fishing modes is well documented. In addition, research programmes carried out in the past (early eighties) prior to the development of FADs provide a reference point allowing a valuable comparative analysis with the current situation.

A research programme could be proposed in initiating various methods:

- conventional tagging of small tunas in the FAD fishery area that would allow a comparison of the migration pattern with the historical tagging

programmes (International Skipjack Year Programme), a comparison of growth rates by area and the assessment of the fidelity of tunas to FADs, in the short and medium terms;

- acoustic tagging of FAD-associated tunas at a small-time scale, and dynamics of groups of tunas at a medium-time scale (using coded-pingers and hearing stations);

- biological analyses to address the trophic ecology of tunas between those associated to FADs for a significant amount of time, and the rather resident populations in forage-rich areas (as in Senegal). These analyses, using stable isotope ratios of carbon and nitrogen, can be complemented by the estimation of condition factors based on the chemical characteristics of the tuna flesh (fat content...). Such conditions factors should be compared between FAD-associated and free-school tunas.

- changes in size composition of the catches in the FAD fishery area, between historical and recent periods (for yellowfin, skipjack and bigeye).

- stomach contents of large predators (billfish, sharks, large tunas) taken under FADs.

The ICCAT Bigeye Tuna Year Programme, which is planned for a 3-year period starting with 1999 will cover part of the above listed issues.

Conclusion

The hypothesis of drifting FADs playing as an ecological trap for tunas in the offshore environment is worth to be further investigated. In this paper, we have tried to put together some facts which could suggest biological consequences of the recent and dramatic development of tuna fishing with drifting floating objects. On a more general point of view, this massive deployment of FADs could have serious implications in terms of evolution, ecology and conservation of resources, as this phenomenon is observed worldwide. Presently, the three parts of the ecological trap hypothesis are still speculative and should be seen as a basic framework. They provide guidelines that could be useful for initiating an *ad hoc* international research programme.

Bibliographic references

- Bakun A., 1996. Patterns in the ocean. Ocean processes and marine populations dynamics. California Sea Grant College System. NOAA, 323 p.
- Bard F.-X., Stretta J.-M., Slepoukha M., 1985. Les épaves artificielles comme auxiliaires de la pêche thonière en océan Atlantique. Quel avenir? *Pêche Marit.*, 64(1291), 655-659.
- Bard F.-X., Antoine L., 1986. Croissance du listao dans l'Atlantique Est. *In: Proceedings of the ICCAT conference on the International Skipjack Year Programme.* Symons P.E.K., Miyake P.M. & Sakagawa G.T. (eds), 301-308.

- Brock R.E., 1985. Preliminary study of the feeding habits of pelagic fish around Hawaiian Fish Aggregating Devices, or can fish aggregation devices enhance local fish productivity? *Bull. Mar. Sci.*, 37, 40-49.
- Cayré P., Amon Kothias J.B., Stretta J.-M., Diouf T., 1988. Biologie des thons. *In: Ressources, pêche et biologie des thonidés tropicaux de l'Atlantique Centre-Est*. Fonteneau & Marcille (eds). FAO Fish. Tech. Pap., 292, 391 p.
- Cayré P., Marsac F., 1993. Modelling the yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) vertical distribution using sonic tagging results and local environmental parameters. *Aquat. Living Resour.*, 6(1), 14.
- Fonteneau A., Gascuel D., Pallarés P., 1998. Vingt-cinq ans d'évaluation des ressources thonières de l'Atlantique : quelques réflexions méthodologiques. *In: Proceedings of the ICCAT Tuna Symposium*, Beckett J.S. (ed). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 50(2), 523-561.
- Fonteneau A., Pallarés P., Pianet R., 2000a. A worldwide review of purse seine fisheries on FADs. *In: Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons*. Le Gall J.-Y., Cayré P., Taquet M. (eds). Éd. Ifremer, Actes Colloq., 28, 15-35.
- Fonteneau A., Ariz Telleria J., Gaertner D., Nordstrom V., Pallarés P., 2000b. Observed changes in the species composition of tuna schools in the Gulf of Guinea between 1981 and 1999, in relation with the Fishing Aggregating Device fishery. *Aquat. Living Resour.*, 13(4), 253-257.
- Fréon P., Misund O., 1999. Dynamics of pelagic fish distribution and behaviour: effects on fisheries and stock assessment. Fishing News Books, 348 p.
- Gaertner D., Dewals P., Marsac F., 1999. Relations biométriques utilisables dans les études sur l'échappement des juvéniles de thonidés tropicaux dans les sennes. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 49(3), 323-332.
- Gaertner D., Marsac F., 1999. Comparative analysis of the exploitation of bigeye tuna in the Indian and Eastern Atlantic Oceans with emphasis on purse seine fisheries. Working Parties on Tropical Tunas, Indian Ocean Tuna Commission, Seychelles, September 1999, WPTT/99/04, 28 p.
- Hall M., García M., Lennert-Cody C.E., Arenas P., Miller F., 1999. The association of tunas with floating objects and dolphins in the Eastern Pacific Ocean. A review of the current purse seine fishery. *In: Proceedings of the international workshop on the ecology and fisheries for tunas associated with floating objects*. Scott M.D., Bayliff W.H., Lennert-Cody C.E. & Schaefer K.M. (comp.). Spec. Rep. I-ATTC, 11, 87-194.
- Hallier J.-P., Parajua J., 1999. Review of tuna fisheries on floating objects in the Indian Ocean. *In: Proceedings of the international workshop on the ecology and fisheries for tunas associated with floating objects*. Scott M.D., Bayliff W.H., Lennert-Cody C.E. & Schaefer K.M. (comp.). Spec. Rep. I-ATTC, 11, 195-221.

- Hallier J.-P., Diouf T., Bareck M.M., Foucher E., 1998. La pêche de canneurs à Dakar: une évolution remarquable pour assurer sa survie. *In: Proceedings of the ICCAT Tuna Symposium*. Beckett J. (ed.), Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 50(2), 673-701.
- Hampton J., Bailey K., 1999. Fishing for tunas associated with floating objects: review of the Western Pacific fishery. *In: Proceedings of the international workshop on the ecology and fisheries for tunas associated with floating objects*. Scott M.D., Bayliff W.H., Lennert-Cody C.E. & Schaefer K.M. (comp.). Spec. Rep. I-ATTC, 11, 222-284.
- Hunter J.R., Mitchel C.T., 1967. Association of fishes with flotsam in the offshore waters of Central America. *Fish. Bull.*, 66, 13-29.
- IATTC, 1999. Annual Report 1997, 310 p.
- Josse E., Bertrand A., Dagorn L., 1999. An acoustic approach to study tuna aggregated around Fish Aggregating Devices in French Polynesia: methods and validation. *Aquat. Living Resour.*, 12(5), 303-313.
- Marcille J., Bour W., 1981. La pêche des thons à la senne et à la canne dans l'océan Pacifique tropical. *Trav. Doc. Inst. Fr. Rech. Sci. Dév. Coop.*, 134, 259 p.
- Ménard F., Fonteneau A., Gaertner D., Nordstrom V., Stéquert B., Marchal E., (in press). Exploitation of small tunas by a purse seine fishery with Fish Aggregating Devices and their feeding ecology in an Eastern Tropical Atlantic ecosystem. *ICES J. Mar. Sci.*
- Menkès C., Marchal E., Lebourges A., Biessy B., Morlière A., Dandonneau Y., Ballé J., Reverdin G., Champalbert G., Flament P., Kennan S., 1998. The Picolo programme: from instability waves to tunas in the Tropical Atlantic. *Proceedings of the 23rd General Assembly of EGS. II: Hydrology, Ocean & Atmosphere*. *Ann. Geophys.*, 16 (suppl. 2), p. C 565.
- Pitcher T.J., 1986. Functions of schooling behaviour in teleosts. *In: The behaviour of teleost fishes*. Pitcher T.J. (ed.). Croom Helm, London & Sydney, 294-337.
- Piton B., Kartavtseff A., 1986. Utilisation de bouées dérivantes à positionnement par satellite pour une meilleure connaissance de l'hydrologie de surface du golfe de Guinée. *Doc. Sci. Cent. Brest Orstom*, 34.
- Stretta J.-M., Delgado de Molina A., Ariz Telleria J., Domalain G., Santana J.C., 1996. Les espèces associées aux pêches thonnières tropicales. Programme Union européenne. DG XIV, Bioeco/93/05 Orstom/IEO; Part 2, 58 p.
- Taquet M., Reynal L., Laurans M., 2000. Do FADs influence the geographical distribution of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*). *In: Pêche thonnière et dispositifs de concentration de poissons*. Le Gall J.-Y., Cayré P., Taquet M. (eds). Éd. Ifremer, Actes Colloq., 28, 528-536.

- Takahashi M., Urakawa T., Kasahara F., Kanda A., 1988. Jamarc's activities on tagging of tunas in Indian Ocean. Expert consultation on stock assessment of tunas in the Indian Ocean, Mauritius, 22-27 June 1988. IPTP Collect. Vol. Work. Doc., 3, 208-223.
- Watanabe Y., Tsunekawa T., Takahashi M., Tabuchi M., Sugawara T., 1988. Results on the experimental purse seine fishing with FADs in the Indian ocean by R/V *Nippon Maru*. IPTP Collect. Vol. Work. Doc., 3, 227-232.
- Yesaki M., 1983. Observations on the biology of yellowfin and skipjack tunas in the Philippine waters. FAO/Indo-Pac. Tuna Dev. Manage. Program., IPTP/83/WP/7.

Baitboat as a tuna aggregating device

Jean-Pierre Hallier⁽¹⁾, Alicia Delgado de Molina⁽²⁾

(1) IRD (previously Orstom), BP 1386, Dakar, Senegal - hallier@ird.sn

(2) IEO, Centro Costero de Canarias, Apartado 1373, Santa Cruz de Tenerife, Spain

Abstract

The original baitboat fishing technique using a permanent association between the fishing boat and the tuna school has been developed by the baitboat fleet of Dakar, Senegal and is also in use in the Canary Islands. This new fishing technique, the result of 20 years of improvements still on, has induced a dramatic increase of the catch yields which, in turn, has sustained the survival and even a recent development of the fleet. This technique is based on the aggregating behaviour of tropical tunas. However, it contains a dynamic component which is not found in tuna fishing on drifting or anchored FADs. The specifications of the method, its refinement over the years and its main consequences for the fishery are described together with the school exchanges between baitboats over months even from one year to the next. Based on the analysis of 1228 recoveries from 5500 tagged fish, tuna movements among associated schools, between associated schools and free schools fished by purse seiners and movements in and out of the baitboat fishing grounds help to better understand the dynamics of tunas and schools of this peculiar tuna association. These data show a very high recovery rate, a remarkable tuna fidelity to the original school for all species, a small number of recoveries within the purse seine catch as well as the rare tuna movements outside the baitboat area. The study highlights the complexity and the numerous consequences of tuna and school behaviour.

Introduction

The tuna baitboat fishery based in Dakar has developed along the years a very efficient new fishing method: the associated-school fishing method whereas the baitboat maintains a permanent association with the tunas it fish. This was described for the first time by Fonteneau & Diouf (1994). In their publication, they raised many questions and made different hypotheses regarding the parameters involved in this association, the dynamics of the tuna and baitboat association and the level of the exploited biomass. A research programme was specifically designed to address these questions and this publication presents some of the preliminary findings in regards with this type of tuna association. At first, the characteristics of this new fishing method are described together with its long refinement period and the main consequences

on the fishery. Then, the dynamics of the associated schools of tunas are presented and discussed in comparison with other types of association in order to characterise this peculiar tuna association. Tagging results give some knowledge into the tuna behaviour such as their movements between different associated schools, between associated schools and free schools which lead to interaction between baitboat and purse seine fisheries, between the baitboat fishing grounds and the rest of the Eastern Atlantic Ocean.

Material and methods

The present study is based upon log book data collected on baitboats on a routinely basis and data collected by the research programme especially during trips at sea.

As other tropical tuna fisheries whose boats called in Dakar harbour, the baitboat fishery is permanently followed through the collection of log books and the sampling of their catch. Log books provide daily position for each boat and its daily catch of tunas by species as estimated by the skippers. Later on, catch is corrected by the weighted catch provided by the harbour authorities for each boat. Log books provide also data on environmental conditions (sea surface temperature (SST), wind, sea condition, currents) and on school exchanges between boats. This set of data goes back to 1978, as far as 1969 for some data, and certain data from 1999 are also included in the present study. Size data on landings at Dakar were collected and processed by the technician from Crodt (Centre de recherches océanographiques de Dakar-Thiaroye), the period covered goes from 1969 to 1998.

So far, during the course of the research programme, thirteen trips at sea have been completed on board baitboats including a pre-programme trip in 1994. During these trips, detailed informations were collected on the fishing operations (location, duration and speed of the steaming or drifting periods with the associated schools), exchanges of schools between boats, tuna sizes and diets and environmental data (SST, sea color, sea condition, wind and current). For all fishing operations, the time the fishing operations start and end as well as the estimated catch species composition were recorded. An estimation of the size of the school associated to the boat was regularly recorded with the help of the skippers. Ordinary tagging with spaghetti-type tags was used on a large scale in order to monitor tuna movements among associated schools, between associated and non-associated schools and movements in and outside the fishing area. Overall, from 1994 to 1998, 5 496 tunas were tagged and released. Some data from the first 1999 cruises are also included.

Results

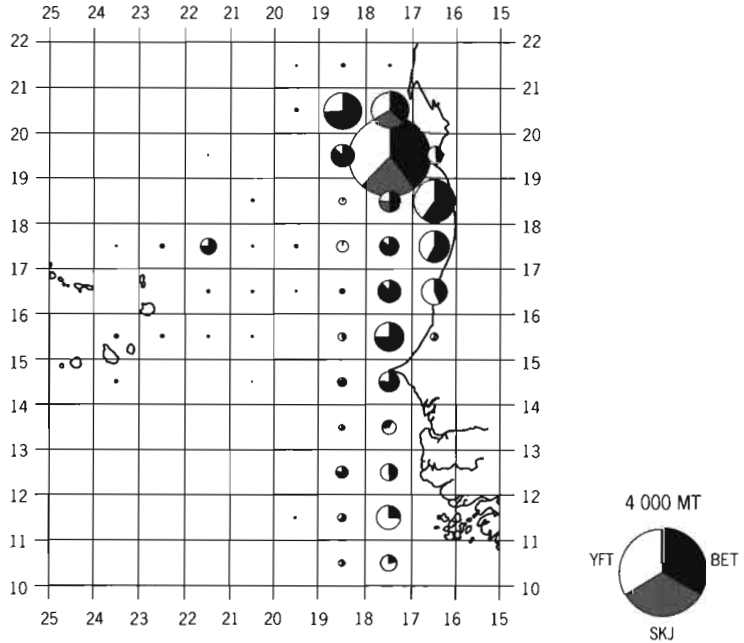
A brief description of the school-associated fishing method

The study of the historical data of the baitboat fishery of Dakar demonstrated that the development of the associated-school fishing method was a very long process which started in the mid seventies (Hallier *et al.*, 1998). For many years, skippers made benefit of the fact that tuna gathered at night under the drifting boat by fishing them early in the morning. However, most tuna left the boat at sunrise. Then, skippers decided to keep drifting during daylight hours with the remaining tuna and eventually to give the school to another boat. These boats were drifting in a south-westerly direction under the influences of prevailing winds and currents. After a few days, they were carried outside of the favourable fishing grounds, therefore they had to abandon the school or were abandoned by the school and they had to steam back to their original position. It was only at the beginning of the eighties that the real associated-school fishing method was developed by shifting from a passive state to a dynamic one where boats moved with the school. But, this was not done overnight and today skippers recognized that there are still room for improvements. Nevertheless, their maestria in this field is very astonishing as schools are kept for months, even from one fishing season to the next, they are exchanged partially or totally between boats during daytime or night-time and baitboats can travel with them on long distances. During the recent period, the associated-school fishing method has become the exclusive method practiced by the Dakar baitboat fishery. Today, whatever the season, the area, these boats always try this method and it almost always works.

The main consequences of the associated-school fishing method

As the method was perfected over a long period of time, its main consequences appeared gradually. The CPUE (in tons per fishing day) increased from 2 t/day in the beginning of the seventies to 5.5 t/day in the mid-eighties and then fluctuated with no tendency. These higher catch rates improved the profitability of this fishery, therefore the long decreasing trend of the fleet was stopped and since 1992 the fleet is increasing in number of boats of bigger carrying capacity. These changes together with the higher CPUE resulted in an increasing yearly catch per boat from 200 t in the beginning of the 1970's to 800 t in 1998. Consequently, the yearly catch of the fleet which remained more or less stable at 9 500 t from 1985 to 1996, despite the decrease of the fleet, increased to 14 000 t in 1998. Another effect of the adoption of the new fishing method was the concentration of the catch in a very localized area from July to October in the Mauritanian waters: from 18°N to 21°N and from 16°W to 19°W (fig. 1).

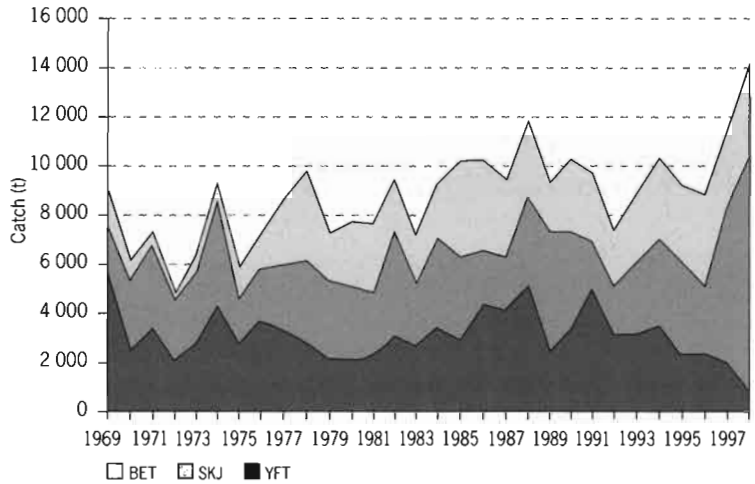
Figure 1
Average fishing area of the Dakar baitboat fishery (period 1991-1996). Each pie of a circle is proportional to the annual species catch by one degree square of latitude and longitude.



Fonteneau & Diouf (1994) demonstrated that during this period, fishing took place south of the Cape Blanc thermal front, in very productive waters. The area off the Senegal coast was gradually more or less deserted by the fleet. In this last area, baitboats are catching mainly skipjack and yellowfin while the catch in the north area is made of the three species (yellowfin, skipjack, bigeye) in a balanced composition. Therefore over the years, the baitboat catch species composition resemble more and more the catch species composition of the Mauritanian waters, i.e. one third of each of the three species (fig. 2). Some very recent changes need to be mentioned. The last two years (1997 and 1998) were abnormal in terms of species composition (skipjack was by far the dominant species) (fig. 2), fishing season duration and fishing areas (Hallier, 1999). Fishing generally lasts mostly 7 to 8 months from July to January or February and for these last two months fishing takes place south of 14°N. In 1997 and 1998, fishing does not stopped and during the first term of the year takes place north of 14°N. These anomalies are related to higher than normal SST during the first term of these two years (Hallier, 1999).

For the period 1991-1998 and the area north of 15°N, where almost all baitboat catches are made on associated-schools, the species composition is 25.4% yellowfin, 41.6% skipjack and 33.0% bigeye. It is interesting to note that the purse seine catch in the same strata is 5.4% yellowfin, 93.2% skipjack and 1.4% bigeye. If the type of school is taken into consideration for purse seiners, the species composition is for log

Figure 2
Yearly average catch
species composition of
the Dakar baitboats fishery
between 1969 and 1998.
BET: bigeye tuna;
SKJ: skipjack;
YFT: yellowfin tuna.



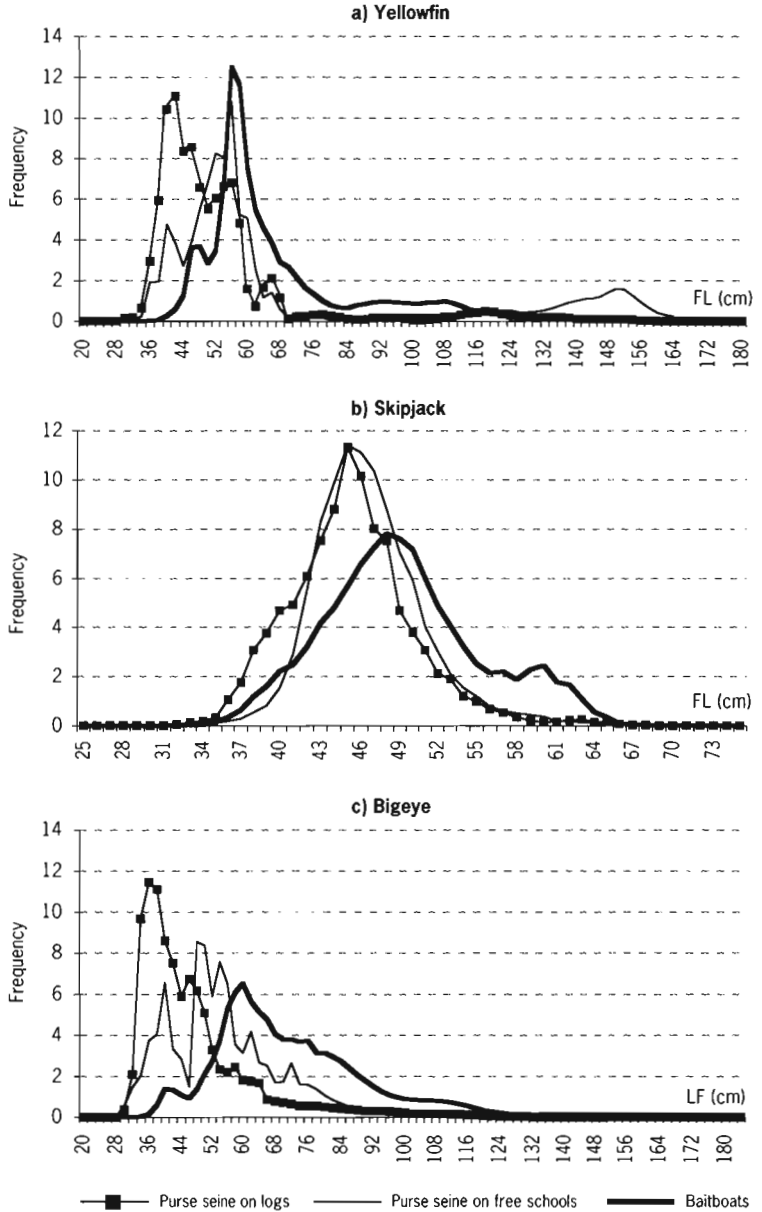
schools 13.6% yellowfin, 78.1% skipjack and 8.3% bigeye, for free schools it is 4.6%, 94.6% and 0.8 per cent. It should be recalled that log catch by purse seiners accounts for only 8% of the total purse seine catch in this strata.

Distribution of the catch by size frequencies for the area north of 15°N and the period 1991-1998 are given in figure 3 for baitboat, purse seine fishing on log schools and on free schools. For yellowfin, the most common length is the same for baitboat and purse seine on free school and higher than the mode for purse seine on logs. However, average size yellowfin (fork length between 65 and 120 cm) are more common for baitboat than for free schools while yellowfin larger than 140 cm, quite common for free schools, are lacking for baitboat catch. For skipjack, size frequencies are very similar for purse seine whatever the type of school; for baitboat the main mode is slightly higher and fish greater than 55 cm, poorly represented for purse seine, are quite common. For bigeye, the main mode for baitboat is higher than for purse seine and fish with FL greater than 80 cm, poorly represented for purse seine, are quite common for baitboat.

The refinement of the associated-school fishing method

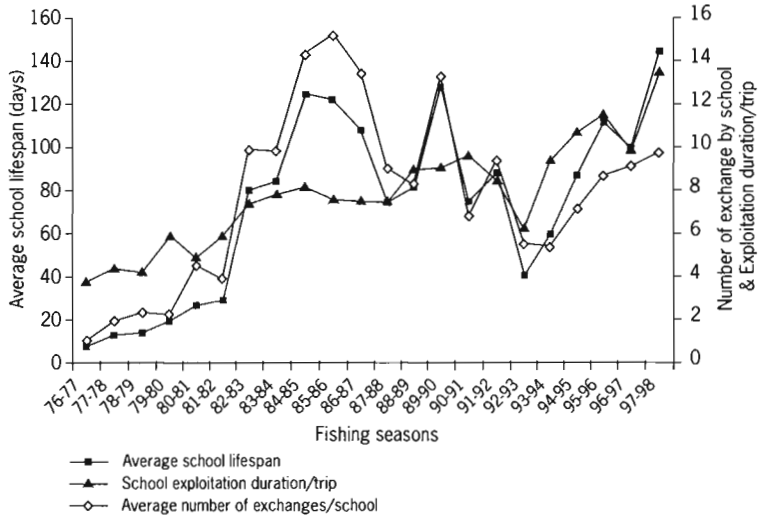
The first records of school exchanges between baitboats dated back to the 1976-1977 fishing season. A file was built up from that period to the 1998-1999 fishing season and several parameters which characterise this school exchanges were calculated. The time between the build up of a school and the end of its exploitation, either when lost or abandoned by the baitboat, is defined as the lifespan of the associated school. The average yearly lifespans of associated schools are represented for this period of 23 years on figure 4 together with the number of time a school was exchanged during its lifespan and the duration a school was

Figure 3
 Size frequency distribution (in % of total catch) for baitboats, purse seine on logs and on free schools, area 15°N-25°N/15°W-25°W, period 1991-1998; a) Yellowfin, b) Skipjack, c) Bigeye.



exploited during each boat trip. All indices went up with the refinement of the method and in 1998 the highest school lifespan and school exploitation duration per trip were recorded. This reflects the lengthening of the fishing season and the bigger size of the boats which require more time to be filled but also an overall mastery of this new fishing method.

Figure 4
Average school lifespan (in days), number of exchanges by school and duration of school exploitation by trip (in days) for the Dakar baitboat fishery from 1976-1977 to 1997-1998 fishing seasons.



The adaptability of the associated-school fishing method to other environments

The method was first developed and refined in the time-area strata July-October in the north of Mauritania. Then, it was progressively extended to new environments to the south and south-west. Today, the method is sufficiently mastered to be used in different oceanographic environments such as the waters of Senegal, Cape Verde Islands and in the vicinity of seamounts. In 1991, the tuna baitboat fleet from Canary Islands started to practice this new fishing method. The consequences were an overall increase of the catch, a lengthening of the bigeye fishing season from March-June to March-December with a corresponding increase of bigeye catch and total CPUE. This increase of baitboat CPUE initialized an increase of the size of the fleet and of the average size of the boats. In 1989, baitboats greater than 50 t numbered 22 and 35 in 1998; the vessels greater than 100 t represented 55% of the fleet in 1989 and 63% in 1998. As well as for the Dakar baitboat fishery, 1998 was abnormal in the Canaries' baitboat fleet (but not 1997!) with very low bigeye catch, more yellowfin and a lot more skipjack. The Canaries' baitboats use the associated-school fishing method in the area offshore the islands together with the traditional baitboat fishing method off the coasts of the Sahara (Morocco). One point remains unclear: why skippers from the Canaries' baitboats do not used this method off the Sahara coast?

The new fishing method was also tested in Azores where it seems to be working but it is still not well developed as it does not fit with the fishermen habits (Peirera, pers. comm.).

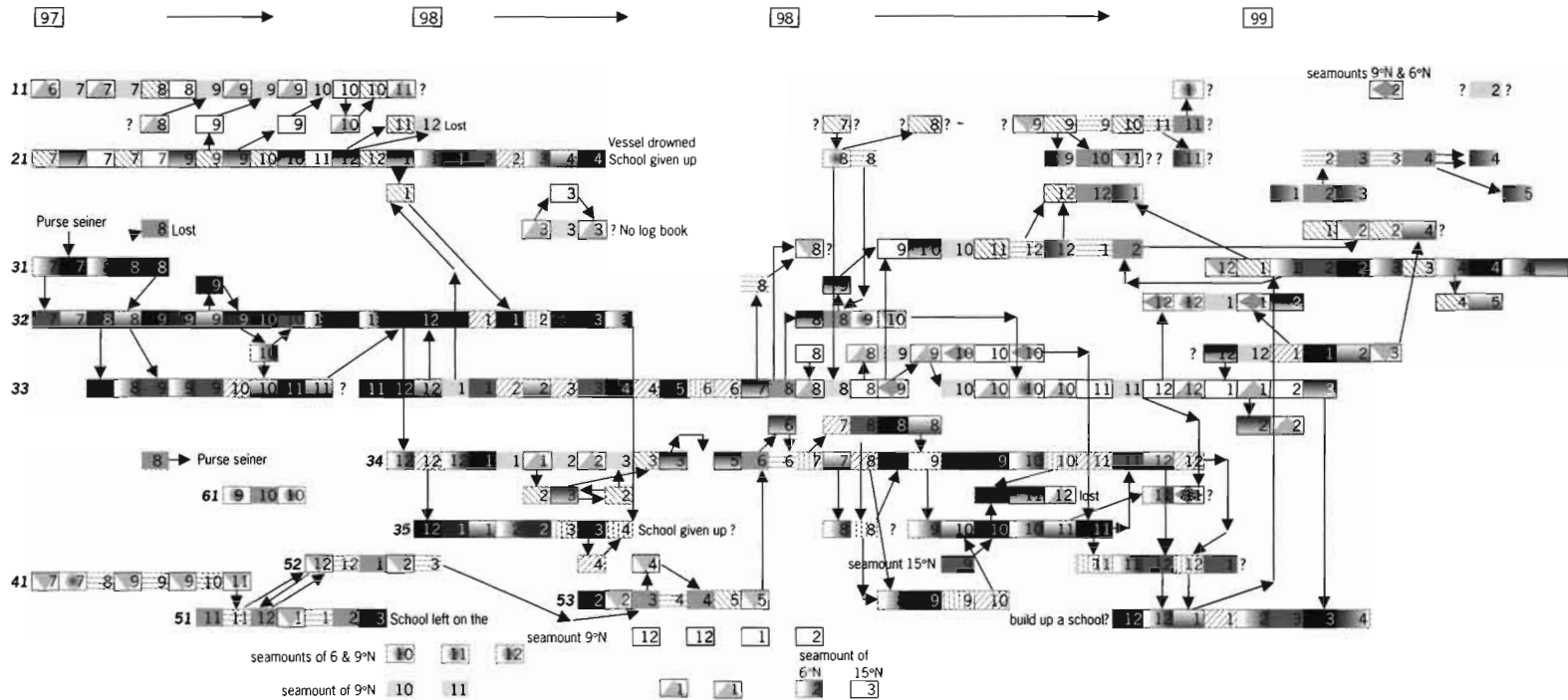
Dynamics of the tuna aggregation

The school exchanges

The exchanges of schools between boats are followed on a routinely basis from log book data and skippers' interviews. Baitboats are more or less associated in groups, each exploiting one or two schools. But outliers are not so rare and the composition of the groups tends to change during the fishing season. Therefore, criss-cross exchanges between schools of different groups can occur; they were almost the rule at the beginning of the 1998-1999 fishing season. These data are illustrated in figure 5 for the fishing seasons 1997-1998 and 1998-1999. At the start of the fishing season in June-July 1997, five associated schools were identified which have had different lifespans, some of them were carried out through the next fishing season. Taking into account the geographical seasonality of the fishery, this means that baitboats can cover great distances with their associated schools. It should be noticed on figure 5 that at certain periods (October 1998 to March 1999) some boats did not participate into the exchange process. Some of these boats were banned by the rest of the fleet because they let purse seiners to set on their associated schools, others did not take fishing licenses in Mauritania EEZ after December. Generally these boats went to fish on the different seamounts of the region where they tend also to build associated schools they can exchange with other baitboats.

During the 1997-1998 fishing season, the school average lifespan reach 144 days, nearly 5 months (fig. 4). The school no. 33 (fig. 5), built in August 1997, was passed entirely from one boat to another one 42 times until March 1999 when it was merged with another school. Meanwhile, this school received parts of other schools 6 times and gave parts to other schools 9 times. The school no. 34, built in December 1997, lasted until December 1998 after been passed from boat to boat 27 times. It received parts from other schools 7 times and gave parts to other schools 8 times. These two examples illustrate the complexity of the school exchange process. As mentioned previously the first part of the 1998-1999 fishing season was characterised by the multiplication of school exchanges between baitboats (fig. 5). Interviewed, skippers explained that the lower abundance of tuna in general and of bigeye in particular prompted them to multiply the school exchanges. They feared that if they lost their school it will be very difficult for them to build another one. With numerous exchanges, they accumulate credit with their colleagues for asking, if necessary, part of their schools and thus avoid to stay without school. From August to December, the percentage of bigeye into the baitboat catch was on average 35% from 1985 to 1994, but for the same period of 1997 bigeye accounted only for 19% of the catch and 23% in 1998.

This fishing method requires well-developed cooperation links between skippers which were previously quite attached to their independancy. Today, the method is sufficiently well-mastered in order to absorb anomalies in the fisheries such as experienced in 1997 and 1998.



A. Hervé, IRD, Programme MAC

Figure 5 - Exchanges of tuna schools between baitboats: fishing seasons 1997-1998 and 1998-1999.

The catch species composition with time

If stability of the catch species composition is generally recorded from year to year for the all fleet (fig. 2), variability is more the rule at a lower scale as demonstrated by Fonteneau & Diouf (1994). They pinpointed the rapid daily changes of species composition of the catch for an individual boat but a more stable composition when catches of several schools are combined. The species composition on a daily basis can vary rapidly along the year as illustrated for 1994 in figure 6a. Data from 1998 are different in many ways as stated in pages 563-564 and are shown to illustrate differences between a normal year (1994; figure 6a) and an abnormal one (1998; figure 6b).

This species composition variability is even noticed during the course of each single fishing operation. To illustrate this situation, the catch of the three or four fishermen closer to the galley was recorded during different fishing operations of a boat trip. These fishermen were chosen because they were the closest to the place where it was safe to observe without disturbing the fishing operations and also close enough to see properly in order to identify the species caught as fishing starts before dawn. It was not possible to follow all fishing operations until their end (i.e. operations no. 5, 10 and 12). Yellowfin and bigeye were visually distributed between three size classes: small (fish more or less 3 kg), medium (between 3 and 7 kg) and large (more than 7 kg). Results are presented in figure 7 for eight fishing operations recorded between the 10th to the 20th of August 1999 on the baitboat *Ernai* fishing on the same associated school. At that time of the year and in this location (20° N), dawn was at 6.30 am and sunrise at about 7 am. Except for the fishing operation no. 23 which ended when all fish holds on board were full, all the other operations were ended by the skipper when skipjack (especially small-size skipjack less than 1.8 kg) became dominant into the catch. From these records (fig. 7), bigeye, when biting, is an early-morning fish, especially when it is large. Large yellowfin are also biting early morning together with bigeye but their catch rates decrease strongly at dawn to increase again at sunrise. More or less, when large fish occupy the volume closest to the boat, they tend to exclude the small-size tunas. But, this is not a rule as it is frequent that skipjack (smaller in size than early biting yellowfin and bigeye) bite at the same time as large tunas as shown by operations no. 12 and 13 when they were caught together with large yellowfin. These results are based on a single set of data, however they are confirmed by similar data recorded during two other cruises from 1998 and 1999 (Hervé, 1998, 1999) and by the observations made during all cruises conducted during the course of the programme. These data reveal the changes of species composition from day-to-day catch on a single school but also changes during the course of a single fishing operation.

When all catches by species according to the time the fishing operation starts are combined for all cruises conducted by the research programme from 1997 to 1999, this general pattern is still visible (fig. 8).

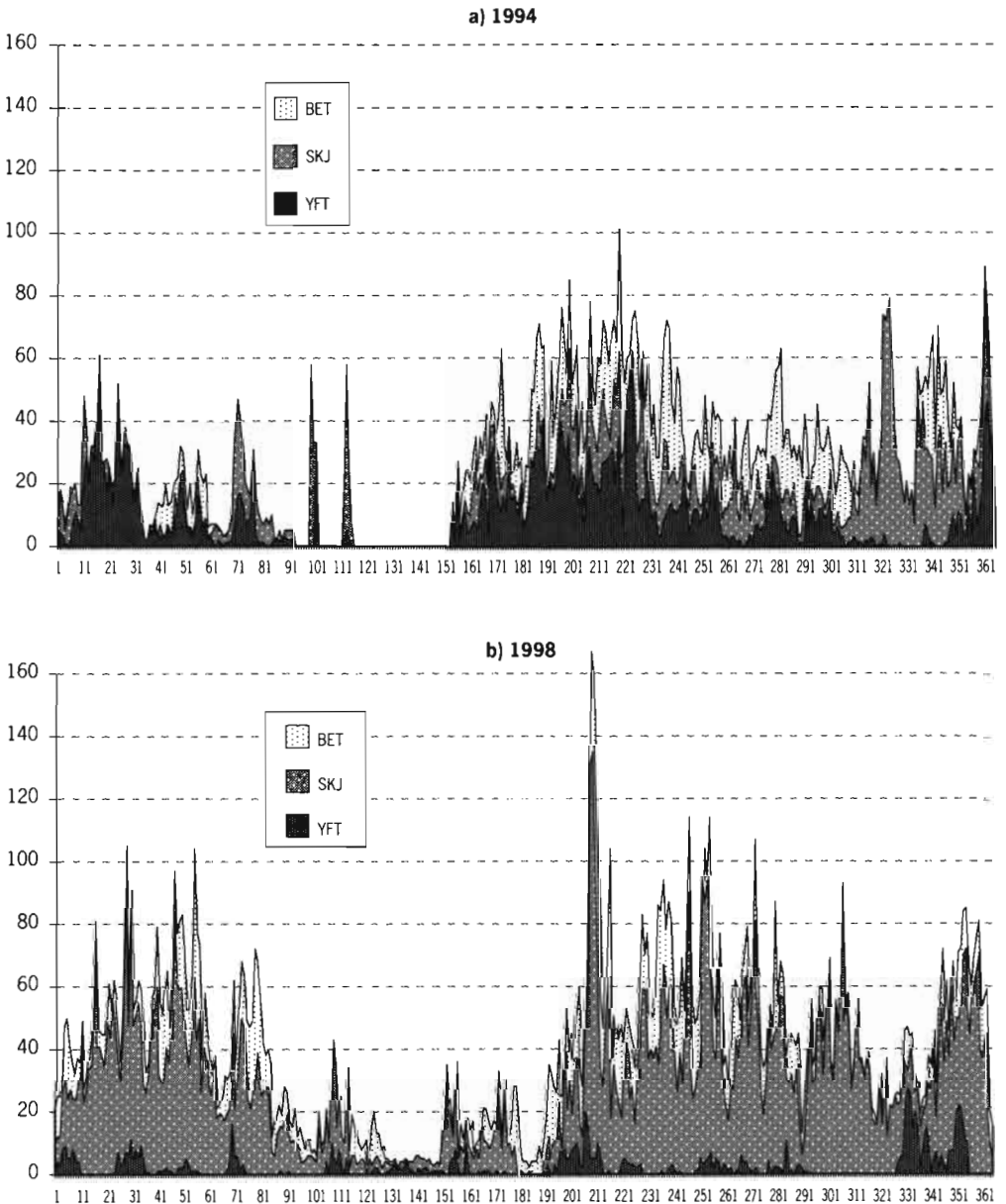


Figure 6
Daily catch by species
for the Dakar baitboats
a) in 1994, b) in 1998.
BET: bigeye tuna;
SKJ: skipjack tuna;
YFT: yellowfin tuna.

It is also apparent from this figure that some bigeye and yellowfin are biting again in the afternoon but in small numbers. The bulk of the catch is made during the first fishing operation which takes place early morning and lasts on average a little bit more than one and a half hour. A second fishing operation is sometimes launched between 8 am and 10 am or later on until dusk but yields on average little catch.

Biologie et comportement agrégatif des poissons

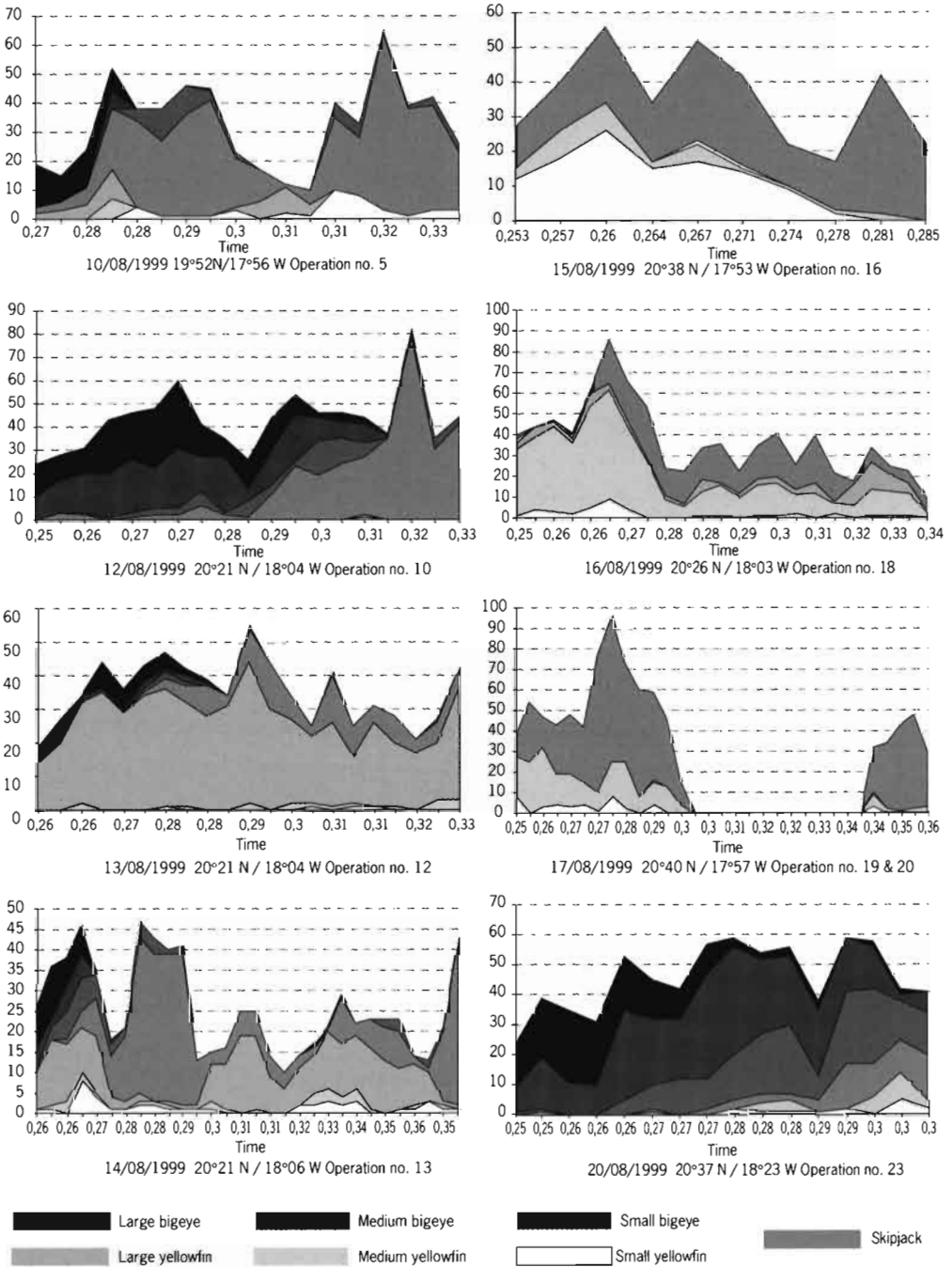
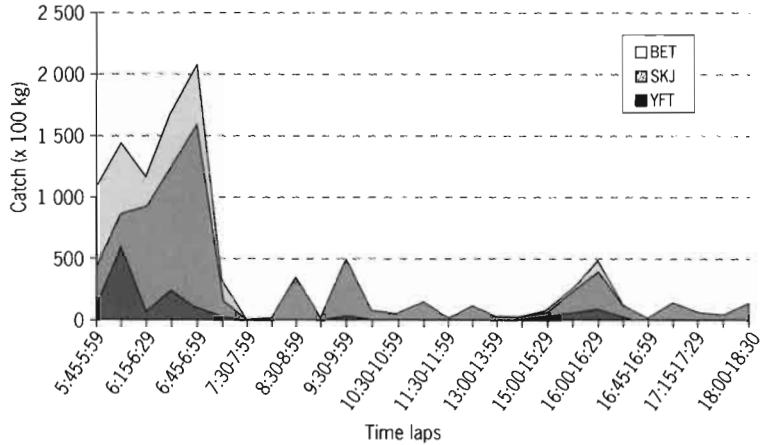


Figure 7 - Variations of the catch species composition on a timely basis during several fishing operations of a 1999 scientific cruise on the baitboat *Ernai*.

Figure 8
Variation of the catch species composition on a timely basis for all baitboat scientific cruises from 1997 to 1999. BET: bigeye tuna; SKJ: skipjack tuna; YFT: yellowfin tuna.



The catch species composition with the proximity to the continental shelf

As shown in figure 1, the main part of the catch is made in a small area off the coast of North Mauritania. The distribution of the catch by species according to the proximity to the continental shelf (yellowfin would be closer to the shelf and the two other species would be distributed from near shelf to off shelf areas) related by Fonteneau & Diouf (1994) from skippers accounts is not easy to demonstrate. Furthermore, depth is not one of the parameters recorded by skippers on log books. First of all, fishing grounds are always quite close to the coast (fig. 1), therefore it is not easy to discriminate variations of the species composition on such a small scale. Secondly, even if a vessel will come closer to the shelf and collect more yellowfin, then after it can steam with its associated school more offshore and therefore its yellowfin catch will be spread off from near shelf area to more off shelf area. Generally, skippers will not like to stay near the shelf as this area is also rich in little tunny (*Euthynnus alletteratus*), a species not sought by the fishery. In 1997 and 1998, fishing operations took place in the traditional zone but also more offshore than usual. The distribution of the catch by square of 10' and by species, illustrated in figure 9 for 1998, shows a more coastal area for yellowfin than for the two other species; skipjack and bigeye are not showing differences in their areas of distribution. This also means that yellowfin collected in coastal areas might not stay with the boat if it steams too much offshore.

The movements of tunas associated to baitboats

Movements inside and outside the fishing area

Ordinary tagging was performed on different baitboats with associated schools. Of the 5 496 tuna tagged (473 yellowfin, 4 318 skipjack, 705 bigeye) during the period 1994 to 1998, 1 228 were recaptured (172 yellowfin, 762 skipjack, 294 bigeye). This represents recapture rates of 36.4% for yellowfin, 17.7% for skipjack and 41.7% for bigeye.

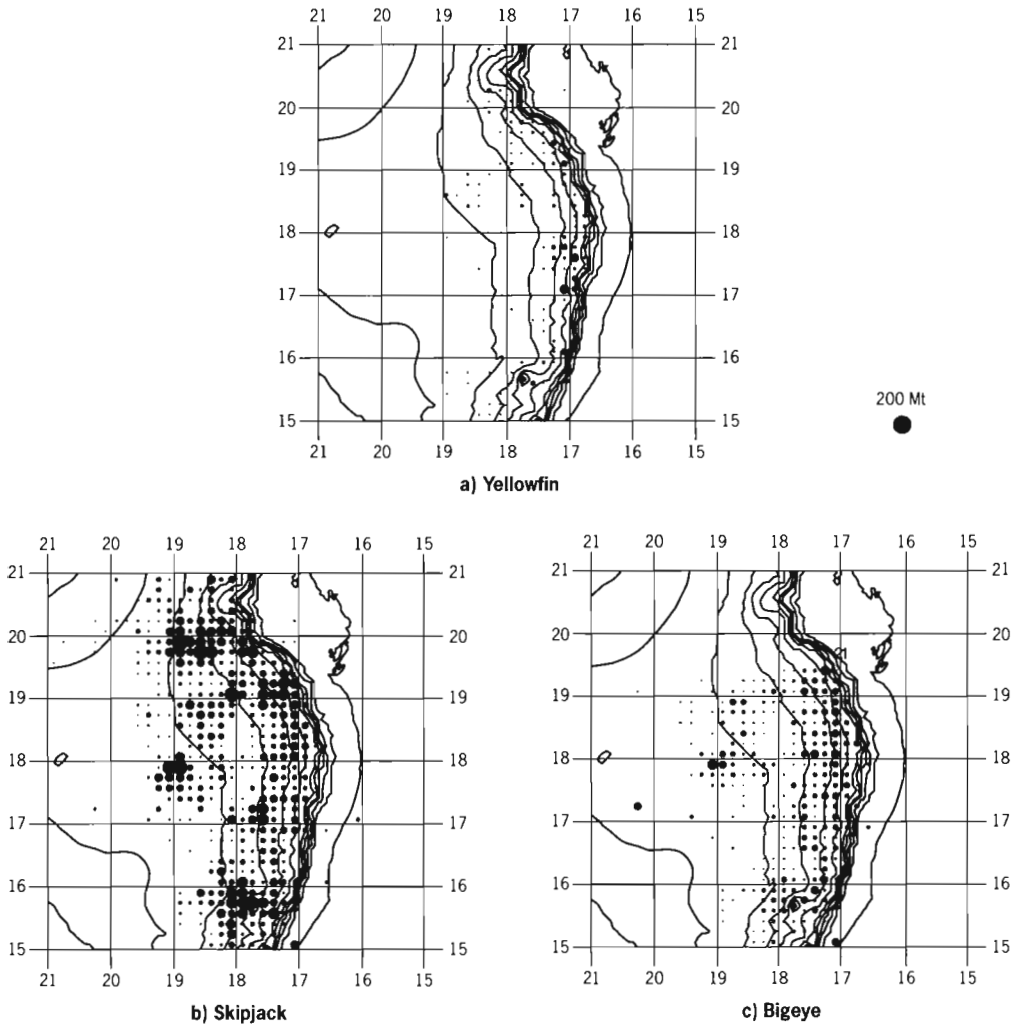
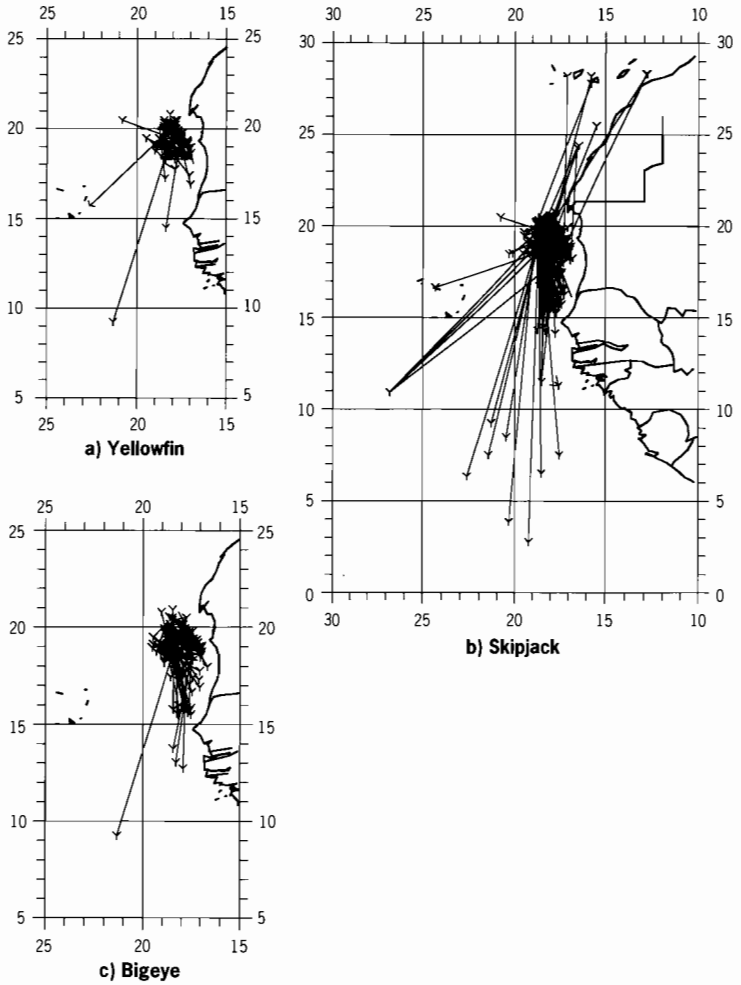


Figure 9
Distribution of the 1998
Dakar baitboat catch
by 10' squares according
to the proximity
of the continental shelf;
a) Yellowfin,
b) Skipjack, c) Bigeye.

These rates are quite high when compared to results from previous tagging operations in the Eastern Atlantic Ocean, especially for yellowfin and bigeye (Bard & Amon Kothias, 1986; Cayré *et al.*, 1986, 1988; Peirera, 1995) but more or less expected when considering the associated-school fishing method. The theoretical movements derived from the recapture data are given on figure 10. For all three species, very few recaptures were recorded outside of the fishing zone (fig. 1); in fact none for yellowfin and bigeye. Only skipjack were more mobile with recaptures recorded north of the fishing zone, off the coast of Morocco and in the Canary Islands, all from the Canaries' baitboat fleet. Recaptures were also recorded for this species south of 10°N towards the equator, most of these were from purse seiners.

Figure 10
Theoretical tuna movements
between tagging and
recapture from 1994
to 1998. a) Yellowfin,
b) Skipjack, c) Bigeye.

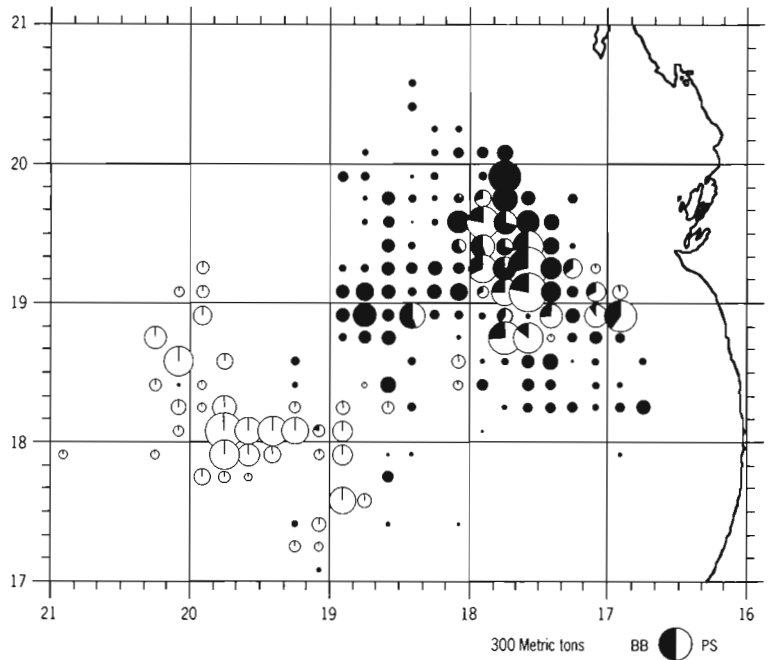


Movements into the purse seine fishery

Despite the fact that a purse seine fleet is very active in the Eastern Atlantic Ocean all year round and seasonally in the Senegalese and Mauritanian waters from May to October, very few recaptures were reported by purse seiners. From 1994 to 1998, 75 tagged tunas (6.1% of the recaptures) were recaptured by purse seiners including 47 from sets on schools associated to baitboats. Only 13 recaptures were recorded by purse seiners north of 16°N in schools not associated to baitboats. This very limited number of recaptures by purse seiners is very surprising as this fleet has been fishing north of 16°N regularly since 1991. From 1991 to 1998, 54% of the tuna catch north of 16°N were made by purse seiners. In August and September 1997, 2501 tuna were tagged north of 16°N (45% of the total tuna tagged from 1994 to 1998).

During the same months and north of 16°N, baitboats caught 3 577 tons of tuna and recaptured 434 of the tagged tunas, purse seiners caught 4 465 t and recaptured 51 tunas including 47 from sets on schools associated to baitboats. During this period, purse seiners fished in two different areas (fig. 11), one south-west of the baitboat fishing area (between 17°10'N and 19°20'N and 18°50'W and 20°20'W), the other right in the middle of the baitboat area (between 18°10'N and 20°10'N and 16°40'W and 19°W). Of the 4 skipjack not caught in schools associated to baitboats, all were recaptured by purse seiners in the baitboat fishing area. Compared to the catches, these recaptures represent one recapture for every 8.2 t of tuna caught by baitboat and one for every 87.6 t for purse seiner (one for every 1 116 tons if only recaptures from sets on non-associated schools are taken into account). It is also remarkable that purse seiners are catching almost exclusively skipjack in this area (95% of the 1994-1998 total catch) while the catch of baitboat is made of 18% yellowfin, 48% skipjack and 34% bigeye for the same period.

Figure 11
Geographical distribution
of purse seine (PS)
and baitboat (BB) catches
in August and September
1997 in area
17°N-21°N/16°W-21°W.



At the beginning of the fishing season in 1998 (from April to June), purse seiners fishing south of Senegal or in Senegal waters caught 7 skipjack from the 1997 tagging operation and baitboats 3. These fish were probably on their way to return to the north Mauritania fishing ground where they were tagged the year before.

Movements with time

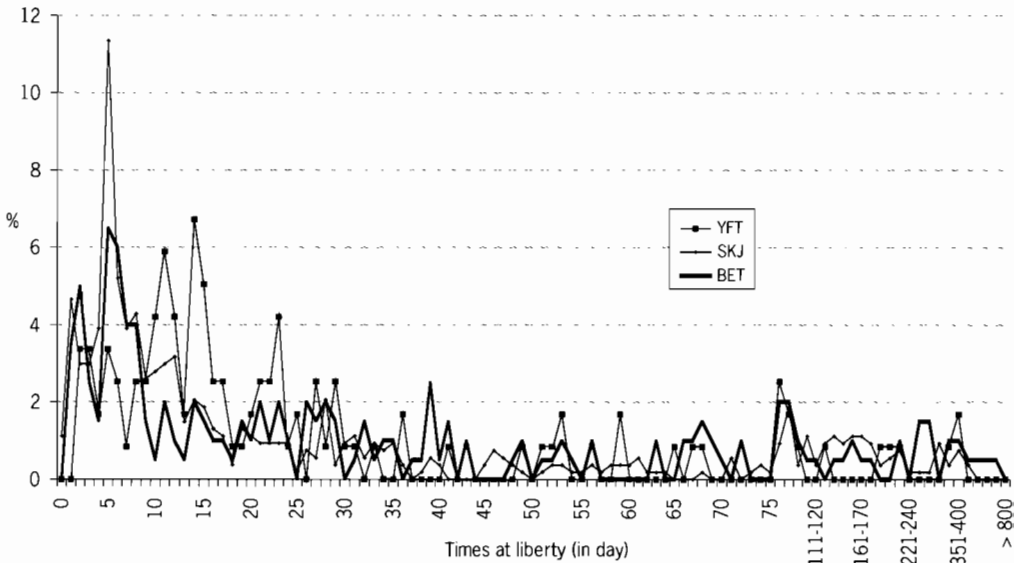
The distribution of the times at liberty (duration between tagging and recapture) are given in figure 12 for the entire set of data (1994-1998). Times at liberty are decreasing rapidly but recaptures are still recorded more than 365 days after tagging (1 yellowfin, 5 skipjack, 6 bigeye) and even nearly two years later for 2 bigeye. Times at liberty tend to decrease more rapidly for skipjack and bigeye than for yellowfin. Movements measure as the distances (in nautical miles) covered by tuna between tagging and recapture are very short and apparently very slow (see the table).

Table - Average displacements and mean displacement rates of tagged tunas in the Dakar baitboat fishery (1994-1998).

	Yellowfin	Skipjack	Bigeye
Average displacement (nautical miles)	63	86	66
Whatever the time at liberty (miles/day)	1.70	2.14	1.16
For times at liberty ≤ 100 days (miles/day)	2.24	3.69	2.19
100 < times at liberty ≤ 200 days (miles/day)	1.85	1.32	1.18
Times at liberty > 200 days (miles/day)	0.53	0.85	0.34

Figure 12
Distribution (in % of total number of recaptures for each species) of the times at liberty for tunas tagged and recaptured between February 1994 and December 1998.
BET: bigeye tuna;
SKJ: skipjack tuna;
YFT: yellowfin tuna.

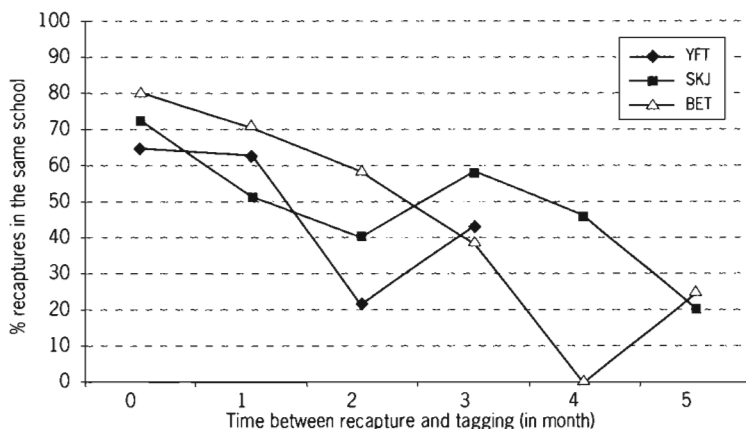
The apparent lower speed after more than 200 days at sea express the return of tuna to their original fishing grounds the next fishing season and the lack of long distance recaptures by purse seiners, especially for bigeye and yellowfin.



Movements within associated schools

As associated schools and their exchanges are documented (fig. 5), it is then possible to assign each recapture by baitboats to a particular school. All species together and for the 1994-1998 data, 61% of the tunas were recaptured in the same school where they were tagged and 39% in different schools, either in other associated schools or in non-associated schools (by baitboats or purse seiners). The results for each species is respectively 56% in the same school for yellowfin, 60% for skipjack and 67% for bigeye. The proportion of recapture in the same school is decreasing with time in a quite similar way for all species (fig. 13). For yellowfin, it decreases from 65% the month they were tagged to 0% five months after, for skipjack the corresponding proportions goes from 72% to 20% and for bigeye from 80% to 25%. Seven months after tagging, 2 skipjack out of 8 were recaptured in the same school; eleven months after one out of two; similar results are recorded for yellowfin. For bigeye, thirteen months after tagging 2 out of 4 bigeye were recaptured in the same school. Therefore some fish remain in the same school for many months. Overall bigeye appeared to be more faithful to its original school. Holland *et al.* (1999) found the same results for bigeye associated to a seamount near Hawaii Islands.

Figure 13
Percentage of recaptures into the same school as the one where tunas were tagged; data from 1994 to 1997 scientific cruises. YFT: yellowfin tuna; SKJ: skipjack tuna; BET: bigeye tuna.



Discussion

The associated-school fishing method compared to other tuna aggregation methods

Gathering of tropical tuna under natural or artificial objects, anchored or floating, (also called Fish Aggregating Device, FAD) is well known even if it is not yet properly understood. Fishermen have use this behaviour to their advantage. Artisanal fisheries using anchored objects are well-developed around the world and purse seine fishing on floating drifting objects is practised on a very large scale by all tropical tuna purse seine fleets (Fonteneau, 1993; Fonteneau *et al.*, 2000). Between these last

two types of FADs, the main difference is one is fixed as anchored while the other is free to drift under the influences of currents and winds. At night, the association of tuna to baitboats can be compared to their association to drifting FADs used by purse seiners. Even, if baitboat skippers modulate their drift by slowing the boat using a floating anchor when winds or currents are too strong or, on the contrary, increasing their drifting speed by setting a bow sail in case of currents or winds too weak, their vessel is still like a floating object. Skippers recognize that most tunas are gathered at night; this is why they use powerful lights to illuminate the volume of water around the boat in order to increase their attractiveness. However, during daytime, the boat is no more a drifting object as the propellers are on and the boat is steaming at speed between 1 to 5 knots. It should be noted that sometimes boats steam at night or drift during daytime. When the boat is leading the school in the direction it wishes we have no more a passive state as for the drifting log or boat but a dynamic process that may be comparable to tunas associated to whales or whales sharks. This type of association is quite common among tropical tuna and even if it is mentioned in the literature (Gaertner & Médina-Gaertner, 1999; Ariz Telleria *et al.*, 1993; Hallier & Parajua, 1999; Hampton & Bailey, 1999), it is not well-documented. Hampton & Bailey (*op. cit.*), for the Western Pacific Ocean (WPO) purse seine fishery, mention: "the schools found with live whales do not form long-term associations with the whales; they seem only to come together to feed and separate once the anchovy are consumed". For whale shark association, they write: "it appears to be intermediate between live whales and logs in that shark and tuna often come together to feed on anchovy but are able to maintain the association for some time, very much like tuna aggregation under logs". However, they do not mention if these statements are based on observations and/or data. In WPO, while purse seine log sets include 78% skipjack, animal sets (considered mostly as sets on whales or whales sharks) include 55% skipjack; free-school sets are between those last two with 67% skipjack (Hampton & Bailey, 1999). Bigeye are not properly identified at sea and in port, therefore, their proportion into the WPO purse seine catch cannot be compared.

The catch species composition on log schools fished by purse seiners worldwide varies according to oceans between 21% and 34% for yellowfin, 55% to 78% for skipjack and 1% to 19% for bigeye (Fonteneau *et al.*, 2000). The associated-school fishing method is characterised by a higher proportion of bigeye to the detriment of skipjack. But the most remarkable point is the tremendous difference with the species composition of purse seine catch on logs and on free schools in the same strata (see p. 556-557). Before baitboats performed this technique, not even as a passive process, their catch species was more similar to the purse seine one. From 1969 to 1974 and north of 15°N, baitboats caught on average 53% yellowfin, 36% skipjack and 9% bigeye; purse seiners in the same strata but from 1978 to 1983 (1978 is the first year where data for

purse seiners are completely available) caught 59% yellowfin, 38% skipjack and 3% bigeye. The divergence between the species compositions of the two fisheries deepened when the baitboats started to develop the passive school fishing method from 1976 and when the occurrence of yellowfin dropped suddenly and never recovered in the purse seine fishery north of 15°N from 1984. Baitboat skippers consider bigeye as the keystone of their technical success. They pretend that without bigeye it is very difficult to keep the school with the boat. This statement still need to be tested, however bigeye seems to be the more faithful to the school where it is tagged (see p. 570). Nevertheless, associated-school fishing method does not show a catch species composition similar to purse seine fishing on log, especially regarding its higher proportion of bigeye. This characteristic is also noticed for the baitboat fishery of the Canaries (from 1991 to 1997, 46% of the total catch were bigeye).

Size distributions of tunas caught in baitboat schools do not differ very much from size distributions of tunas caught on purse seine log schools. By-catch, a characteristic of purse seine fishing on log school (Stretta *et al.*, 1993; Fonteneau *et al.*, 2000) cannot be compared to by-catch from baitboat associated schools as data are lacking. However, observations made at sea during the research programme reveal a low occurrence of by-catch in this fishery but a very similar species composition when compared to purse seiners (small tunas, "mahi-mahi", sharks, rainbow runner, wahoo, billfish).

The association of tuna with baitboats could be the combination of two types of association: an association of tuna with drifting FADs at night and an association of tuna with whales or whales sharks during daytime.

Tuna dynamics

The average baitboat carrying capacity is 125 t and during the main fishing period, from July to December, boats come back to port with their holds full every two or three weeks. Schools associated to baitboats have an average biomass of 100 t even if some estimations reach 300 tons. Therefore, new migrant tunas into the associated schools are necessary to maintain the catch rates and skippers always try (night and day) to increase the size of their associated school.

Tuna associated with baitboats seem to be quite faithful to the school in which they are tagged as three months after tagging almost half (49%) of the recaptured tuna are still caught in the same school. Recapture rates recorded for all species are very high and could suggest a high exploitation rate. It is obvious that if tunas tend to remain in their original school or to move into the other baitboat associated-schools, their probability to get recaptured will be high. However, the rapid decline of the number of recapture is remarkable. Fourteen days after tagging, 50% of all the recaptures have already been registered (43% for yellowfin, 55% for skipjack and 41% for bigeye). This is probably the result of the diffusion of the tagged tunas among the associated schools, the

immigration of new comers in the different associated schools and the emigration of tagged tunas outside the associated-school biomass. The rates of these movements are yet to be estimated when all tagging operations would be completed.

The very low catch rates of tagged fish by purse seiners and the predominantly skipjack catch by purse seiners lead to the following hypothesis:

- in this area almost all yellowfin and bigeye are either associated to baitboats or in schools not available to purse seiners; within this last group a steady migration into the associated schools will compensate catches from baitboats;
- two groups of skipjack are present, one is associated to baitboat, the other is in free schools available to purse seiners; a third group might not belong to any of these two groups but could at some stage migrate into the associated schools;
- movements of skipjack between the two groups (baitboat-associated schools and free schools) seem to take place in only one direction from free schools to baitboat-associated schools, but very rarely in the other direction.

The rapid day-to-day changes in species composition (fig. 6) could reflect either a real change of the school species composition or a change in feeding behaviour of different groups of tunas among the school. To get caught, tunas associated to baitboats need to respond to baiting and/or to the attractiveness of the hook lures. A particular tuna or group of tunas will not respond to baiting every time but at a particular time space. From the observations made by Josse *et al.* (1999) using acoustic echosounding on tunas associated to anchored FAD, a general distribution of fish by species and by size around the FAD is proposed. Small fish would be closer to the FAD and near the surface while larger fish would be deeper and more distant from the FAD, even some would be more than 4 km away from the FAD. If this fish distribution is also accepted for schools associated to baitboat, this could explain the important changes of species composition and of fish sizes during a single fishing operation and from day-to-day operations on a particular school. According to their needs, different groups of tuna would come closer to the boat and get caught. Larger tunas will avoid the proximity of the boat during most of the day but will come close at night to feed on preys attracted to the lights and at dawn when baits are thrown (when looking at the food frenzy of these mostly large tunas around the boat, one wonders why skippers do not fish at night). Apparently, some of them will come closer in the afternoon and get caught again but in a much lower quantity than in the early morning. Once, larger tuna tend to leave the proximity of the boat, smaller ones will approach and remain in the vicinity of the boat for the rest of the day. It is difficult to know if the larger tunas belong to a particular school or swim freely between associated schools as none of them were tagged. As boats are not chartered, tagging performed during the research programme is not taking place during fishing operations but in midmorning or in

the afternoon. So far, as big tunas are mostly early-morning biting fish, they are not available during tagging operations. From 1994 to 1998, the largest yellowfin tagged was 80 cm and 82 cm for bigeye. Hopefully some larger-size bigeye were tagged in August 1999 and their recaptures might shed some lights on the whereabouts of these large-size fish among the associated schools.

Baitboats: a meeting point for tunas?

Fréon & Misund (1999) have proposed the hypothesis that logs in general (drifting or anchored) or seamounts would be a meeting point for tunas in order to increase their probability to meet conspecifics and form schools, an indispensable need for these pelagic fish. When schools under logs are sufficiently large, groups will leave to form free schools mostly monospecific or to join other multispecific schools associated to other logs. From tuna tagging in the WPO, Hampton & Bailey (1999) demonstrate that mean displacement rates are highly dependant on the type of school the tuna are associated with. The higher displacement rates are noticed for the three tuna species when they are associated to drifting logs, natural or artificial (between 12 to 23 miles/day). From the example of a single log school, Hampton & Bailey (*op. cit.*) show that movements recorded were mostly from active swimming than passive drift with the log. On the opposite, lower rates are recorded for tunas associated to anchored FADs or seamounts (1.1 to 2.7 miles/day). Rates for tunas associated to animals are slightly higher (between 2.5 and 3.3 miles/day). With average rates between 1.2 to 2.1 miles/day (see the table), tunas associated to baitboats look like tunas associated to anchored FAD or seamount. Tuna tracking with sonic tags around anchored FADs (Holland *et al.*, 1990; Marsac *et al.*, 1996; Marsac & Cayré, 1998) have also demonstrated the relatively small distances tunas are travelling around the FAD and their tendency to come back to the original FAD. The behaviour of tuna associated to drifting FAD seems to well respond to the meeting point hypothesis: tuna will join logs and build large school and then left in free schools or join other logs. Therefore, there will be a continuous flow of tuna under logs with a turnover that will depend on the abundance of tuna in the log area. Results from tuna tagging (ordinary tagging or sonic tagging) under anchored FADs, seamounts or baitboats show a different pattern. These structures can still be a meeting point for tuna but, once associated, these fish will tend to remain for lengthy periods of time, up to several months as proved for baitboat-associated tunas. In this case, schools associated to these structures would become bigger and bigger; a fact that has not be observed. In the case of tuna associated to baitboats, the every day withdrawal of tuna through fishing operations can well explain why schools remain more or less the same size. It will also explain why so few fish are recaptured by purse seiners in the vicinity of the baitboat schools. As some tunas remain associated to baitboat schools for very long periods of time, it is necessary that the baitboat school environment meets their requirements,

notably in terms of food availability. As already mentioned, the area of North Mauritania is very rich and observations at sea show that during daylight hours fish are often seen feeding on natural preys around the steaming baitboat; feeding at night is also well noticed. However, the associated-school method is also working in areas that might not be as rich in food as the main baitboat fishing ground (for instance: Cape Verde Islands from January to March or the waters off the coasts of Canary Islands).

Baitboats: an ecological trap for tunas?

Marsac *et al.* (2000) put forward the idea that drifting FADs used by the purse seine fishery on a large scale in all oceans can represent gathering points which will retain fishes even if it is to their disadvantages (slower growth by lack of food, higher natural mortality by predators and modifications of the natural migratory pattern). They qualify drifting FADs as “ecological traps”. Could baitboats be such sort of ecological trap? It is obvious from tagging return that tunas associated to baitboat schools can remain with them for lengthy periods of time (fig. 13). At this stage of the data analysis, there is no evidence that this long-term association would be maintained to the detriment of the fish. Anyway, as no tuna were tagged outside the associated schools during the course of this programme, it is difficult to compare the associated tuna with non-associated ones.

Research problems

The study of this new type of association is still underway and will probably remain so for some time as it addresses many questions related to the dynamics of the schools and of individual tuna within schools which are not yet well understood. Many questions are still unanswered: do all tuna that get associated to baitboat schools behave the same way? Or do schools are made of different groups with different history and future? Do some groups get associated for a very temporary period while others will remain associated for long time? What benefit tuna will get from these long-term associations? Why tuna, once they get associated to baitboat schools, rarely leave to form free schools available to purse seiners? Do the association to baitboats has an effect on the spatial distribution of the tuna? Is it possible that the selectivity of the gear give access only to some groups and not to others? Would tagged tunas behave in a different way than untagged ones? How to measure the fishing effort of the baitboat fishery with such a fishing method? and so on...

It is obvious that the behaviour of tuna and their schools have strong consequences on the availability of the resources to the different fishing gears, the biology of the fish but also the assessment of the state of their stocks. Hopefully, new research tools to apprehend some of these questions become available to tuna research such as sonic, pop-up and archival tags as well as new developments in mathematical models.

Conclusion

The associated-school fishing method developed by Dakar baitboats in the eighties increases the baitboat CPUE and the percentage of bigeye into the catch. The mastership of this fishing method requires a strong cooperation between the boats of the fleet. Catch species composition is highly variable from day-to-day and even during a single fishing operation underlying different behaviours according to the tuna sizes and species. Movements of tunas outside of the fishing ground are limited and recaptures in the same spot one or two years after tagging are reported. Once associated to baitboats, tunas rarely leave to join free schools available to purse seiners but can change for another baitboat-associated school even if some can stay with the same school for several months. Tunas in associated schools are heavily exploited but are regularly replaced by new migrants. The associated-school fishing method might be compared to a tuna association with drifting log at night and an association with whales or whales sharks during daytime. Results presented in this document are still preliminary and give a complex image of tuna and tuna-school behaviour that needs to be clarified by further analyses of the data and more research on the ethology of tuna. These studies are not easy with regard to the tuna oceanographic requirements, the magnitude of their movements and the immensity of their habitats but Dakar baitboats with their associated-schools represent a very pertinent research platform.

Bibliographic references

- Ariz Telleria J., Delgado de Molina A., Fonteneau A., Gonzales Costas F., Pallarès P., 1993. Logs and tunas in the Eastern Tropical Atlantic. A review of present knowledges and uncertainties. Recl. Doc. Sci. ICCAT, 40(2), 421-446.
- Bard F.-X., Amon Kothias J.B., 1986. Résultats des campagnes de marquages de thonidés tropicaux menées par la Côte-d'Ivoire, 1983-1984. Recl. Doc. Sci. ICCAT, 25, 30-36.
- Cayré P., Diouf T., Fonteneau A., Santa-Rita Vieira M.H., 1986. Analyse des données de marquages et recaptures de listao (*Katsuwonus pelamis*) réalisés par le Sénégal et la République du Cap-Vert. In: Proceedings of the ICCAT conference on the international skipjack programme. Symons P.E.K., Miyake P.M. & Sakagawa G.T. (eds). 309-316.
- Cayré P., Amon Kothias J.B., Diouf T., Stretta J.-M., 1988. La biologie des thons. In: Ressources, pêche et biologie des thonidés tropicaux de l'Atlantique Centre-Est. Fonteneau A. & Marcille J. (eds). FAO Fish. Tech. Pap., 292, 157-268.

- Fonteneau A., 1993. Pêche thonière et objets flottants : situation mondiale et perspectives. Recl. Doc. Sci. ICCAT, 40(2), 459-472
- Fonteneau A., Diouf T., 1994. An efficient way of bait-fishing for tunas recently developed in Senegal. Aquat. Living Resour., 7(3), 139-151.
- Fonteneau A., Pallarès P., Pianet R., 2000. A worldwide review of purse seine fisheries on FADs. *In*: Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons. Le Gall J.-Y., Cayré P., Taquet M. (eds). Éd. Ifremer, Actes Colloq., 28, 15-35.
- Fréon P., Misund O., 1999. Dynamics of pelagic fish distribution and behaviour: effects on fisheries and stock assessment. Fishing News Books, Oxford, 348 p.
- Gaertner D., Médina-Gaertner M., 1999. An overview of the tuna fishery in the southern Caribbean Sea. *In*: Proceedings of the international workshop on the ecology and fisheries for tunas associated with floating objects. Scott M.D., Bayliff W.H., Lennert-Cody C.E. & Schaefer K.M. (comp.). Spec. Rep. I-ATTC, 11, 66-86.
- Hallier J.-P., 1999. Are tropical tunas already affected by the climatic global change? Recl. Doc. Sci. ICCAT, SCRS/98/146, 16 p.
- Hallier J.-P., Parajua J.I., 1999. Review of tuna fisheries on floating objects in the Indian Ocean. *In*: Proceeding of the international workshop on the ecology and fisheries for tunas associated with floating objects. Scott M.D., Bayliff W.H., Lennert-Cody C.E. & Schaefer K.M. (comp.). Spec. Rep. I-ATTC, 11, 195-221.
- Hallier J.-P., Diouf T., M'Bareck M., Foucher E., 1998. La pêche de canneurs de Dakar: une évolution remarquable en vue d'assurer sa survie. Symposium ICCAT sur les Thonidés. Recl. Doc. Sci. ICCAT, 50(2), 673-701.
- Hampton J., Bailey K., 1999. Fishing for tunas associated with floating objects: Review of the Western Pacific fishery. *In*: Proceeding of the international workshop on the ecology and fisheries for tunas associated with floating objects. Scott M.D., Bayliff W.H., Lennert-Cody C.E. & Schaefer K.M. (comp.). Spec. Rep. I-ATTC, 11, 222-284.
- Hervé A., 1998. Compte rendu de mission sur le canneur *Almike* du 20 septembre 1998 au 22 octobre 1998. Doc. Intern. Crodt, 11 p.
- Hervé A., 1999. Compte rendu de mission sur le canneur *Chevalier Bayard* du 8 août 1999 au 25 août 1999. Doc. Intern. Crodt, 11 p.
- Holland K.N., Brill R.W., Chang R.K.C., 1990. Horizontal and vertical movements of yellowfin and bigeye tuna associated with fish aggregation devices. Fish. Bull., 88(3), 493-507.
- Holland K.N., Kleiber P., Kajiura S.M., 1999. Different residence times of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, and bigeye tuna, *Thunnus obesus*, found in mixed aggregations over a seamount. Fish. Bull., 97, 392-395.

- Josse E., Bertrand A., Dagorn L., 1999. An acoustic approach to studying tuna aggregated around Fish Aggregating Device in French Polynesia: methods and validation. *Aquat. Living Resour.*, 12, 303-313.
- Marsac F., Cayré P., Conand F., 1996. Analysis of small-scale movements of yellowfin tuna around Fish Aggregating Device (FADs). *In: Proc. Expert Consultation on Indian Ocean tunas. 6th session, Colombo, Sri Lanka, 25-29 September 1995.* Anganuzzi A.A., Stobberup K.A. & Webb N.J. (eds). Indo-Pac. Tuna Project Coll., 9, 151-159.
- Marsac F., Cayré P., 1998. Telemetry applied to behaviour of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) movements in a network of Fish Aggregating Devices. *Hydrobiologica*, 371/372, 155-171.
- Marsac F., Fonteneau A. Ménard F., 2000. Drifting FADs used in tuna fisheries: an ecological trap. *In: Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons.* Le Gall J.-Y., Cayré P., Taquet M. (eds). Éd. Ifremer, Actes Colloq., 28, 537-552.
- Peirera J., 1995. A pesca do atun nos Açores e o atun patudo (*Thunnus obesus* Lowe, 1839) do Atlantico. Tese do Universidade dos Açores, Portugal, 330 p.
- Stretta J.-M., Delgado de Molina A., Domalin G., Santana J.C., 1993. Les espèces associées aux pêches thonières tropicales. Rapport Orstom/IEO, Bioeco/93/05.

Prospective sur les méthodes et expérimentations à mener sur le phénomène de l'agrégation des poissons pélagiques autour des DCP¹

Animateurs : Pierre Fréon, Martin Hall - Rapporteur : Francis Marsac

Cette analyse prospective a été entreprise au cours d'une réunion qui s'est tenue le 19 octobre 1999. Elle avait pour but de discuter les différentes hypothèses proposées pour expliquer l'agrégation des poissons pélagiques (principalement) autour des objets flottant et d'établir une liste d'expériences génériques à conduire afin de les tester. On ne rentrera pas ici dans les détails méthodologiques de telles expériences, sinon pour indiquer quelques approches originales mais qui restent à développer. Une vingtaine de personnes assistait à cette réunion informelle animée par Pierre Fréon (IRD) et Martin Hall (IATTC), et dont Francis Marsac (IRD) était rapporteur.

Elle s'est déroulée en deux parties :

- d'une part, des discussions autour des principaux stimuli susceptibles d'intervenir dans le phénomène de l'agrégation, des facultés de mémorisation spatiale, suivies de propositions d'expériences destinées à comprendre leurs effets ;
- d'autre part, un passage en revue des principales hypothèses présentées par Pierre Fréon et Laurent Dagorn lors de l'exposé introductif session 5 (p. 483) et une réflexion sur les méthodes à mettre en œuvre pour les vérifier.

Dans les semaines qui ont suivi le colloque, des échanges portant sur certains aspects abordés au cours de la réunion ont eu lieu par voie de messagerie électronique. Le document présent intègre donc ces points de vue complémentaires qui ont permis d'enrichir le compte rendu initial de cette réunion.

Repérage des objets flottants par les poissons : modes de détection et mémorisation spatiale

Modes de détection

Le premier volet des discussions a eu trait aux modes de détection potentiellement impliqués dans le repérage de structures agrégatives flottantes. Le principe de l'expérimentation est de comparer les effets attractifs d'un DCP « blanc » (témoin) à ceux d'un DCP « transformé » en relation avec le stimulus à tester, ceci aussi bien à l'aide du marquage ultrasonique (actif

1. DCP : dispositif de concentration de poissons. On utilisera ici cette terminologie tant pour les objets artificiels (ancrés et dérivants) que pour les objets naturels dérivants.

ou passif) que grâce à l'écho-intégration. La « substitution de DCP » est une extension de ce type d'expérience. Elle consisterait d'abord à obtenir une fidélisation d'individus marqués à un DCP ayant une caractéristique donnée à tester. Ensuite, lorsque ce banc est en excursion loin du DCP, on lui substitue un DCP de caractéristique différente et on remet à l'eau le DCP initial à quelque distance. On vérifie ensuite si le banc reste associé au nouveau DCP ou, au contraire s'il s'en écarte pour se regrouper (éventuellement) sous le DCP initial.

Le cas particulier de l'immersion d'un DCP a été évoqué. C'est le devenir naturel des DCP dérivants que de couler après un certain laps de temps. Un certain nombre de DCP ancrés s'immergent également périodiquement, sous l'effet du courant. Dans l'hypothèse où les stimuli (en particulier le bruit) d'un DCP seront différents selon qu'il se trouve en surface ou en phase d'immersion, on pourrait étudier la réponse des poissons qui y sont associés face à ce changement d'état. Le comportement agrégatif se manifesterait-il de nouveau (et après quel délai) autour d'un DCP qui réapparaît en surface ? Ce test pourrait être conduit en marquant un groupe de thons à l'aide de « pingers » codés et en fixant une station d'écoute à un DCP, voire à plusieurs DCP d'un réseau maillé. Les DCP devraient être équipés de capteurs de pression permettant de reconstituer les différentes phases d'immersion. Une autre solution serait de déclencher à distance l'immersion par perforation d'un flotteur associé au DCP. Trois modes potentiels de détection ont été identifiés.

- Détection visuelle

Ce mode de détection n'est opérationnel qu'à proximité immédiate de l'objet. En effet, un thon aurait une distance de vision qui n'excéderait pas 40 m en eau claire. Trois cas d'étude ont été évoqués :

- l'effet d'ombre de la structure agrégative : ce test pourrait être effectué en comparant les effets attractifs d'un DCP standard et d'un DCP « transparent », par exemple une plaque de plexiglass ou une boule de chalut, placés dans la même zone. Ce test devrait être conduit par temps ensoleillé et par temps couvert ;

- le facteur « lumière » sur une structure agrégative artificielle et son caractère plus ou moins attractif de nuit : il y aurait lieu de comparer le processus d'agrégation en expérimentant, d'une part, des DCP sans lumière, d'autre part, des DCP équipés de lanternes telles que celles utilisées par les professionnels. L'effet de la source lumineuse doit aussi pouvoir être vérifié en considérant différents niveaux d'intensité ;

- la forme du DCP : des expériences de substitution de DCP de formes différentes peuvent être entreprises. On pourra également réaliser des expériences comparatives du pouvoir d'attraction de DCP de différentes formes, telles que celles initialement entreprises par Hunter *et al.* (1968)².

2. J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer, 31(3), 427-434.

• Détection olfactive

Il s'agit de tester l'attraction au DCP par un stimulus olfactif émis par l'odeur même du DCP ou par la faune associée. Plusieurs modes opératoires ont été proposés :

- comportement en présence d'un « jus » extrait de débris naturels³. Cet extrait serait émis dans le milieu à partir d'un DCP aussi petit et neutre que possible et doté d'un diffuseur. Connaissant la courantologie de la région (ou la mesurant par ADCP), on testerait alors la réponse des thons en vérifiant, par exemple, si cette substance est susceptible de modifier la trajectoire d'un thon marqué initialement associé au DCP dont on aurait extrait le « jus », ou d'un banc libre suivi par sonar. L'expérience complémentaire consisterait à observer, dans des conditions équivalentes, le comportement d'un thon solitaire dont on aurait supprimé les fonctions olfactives sous anesthésie. Une réponse positive du poisson suggérerait que le stimulus olfactif, même s'il existe (selon les résultats obtenus par le banc), est largement dominé par un autre type de phénomène attractif. La difficulté de cette expérience réside dans la nécessité d'effectuer de nombreux réplicats et observations de poissons témoins afin de prendre en compte la variabilité du retour vers un DCP en fonction de motivations mal connues ;

- test visant à comparer la réponse face à deux DCP de forme identique, l'un « blanc » en matériau synthétique et l'autre identique mais équipé d'un diffuseur. Ces DCP étant mis à l'eau dans la même zone, vers quel DCP se dirigeront les bancs de thons et, l'expérience étant répétée plusieurs fois de suite, existe-t-il une réponse statistiquement différente devant cette alternative ?

- une expérience équivalente pourrait être tentée en remplaçant le DCP diffusant l'extrait par un DCP garni de faune sessile (ou de fèces de faune vagile, ces dernières étant riches en acides aminés détectables par les thons) ;

- on a également envisagé de tester l'effet de la faune associée vagile en comparant l'effet attractif d'une cage contenant des petits poissons communément rencontrés autour des DCP à celui d'une cage vide.

L'évaluation de ces expérimentations ne devrait pas reposer uniquement sur la fréquence des réponses positives des bancs (ou d'individus solitaires) par rapport au cas traité, mais aussi sur les caractéristiques des thons qui ont répondu positivement (adultes ou juvéniles, état de satiété ou en chasse active...).

• Détection auditive

Il a souvent été avancé que le bruit d'un DCP ancré pourrait être un facteur permettant aux individus de le repérer à distance puisqu'il est vraisemblable que le stimulus sonore soit le seul dont la portée soit supérieure à plusieurs milles. Le bruit viendrait alors de la vibration (basse

3. Concernant les matériaux synthétiques (cordages ou autres), il est vraisemblable que ces matériaux deviennent relativement inodores après quelques minutes de lavage naturel en mer.

fréquence) de la ligne de mouillage sous l'effet du courant. Ce bruit devrait pouvoir être analysé de manière à en établir les principales caractéristiques et à les comparer dans des situations différentes (en particulier selon la direction et l'intensité du courant). Le clapot engendré par la présence d'un objet flottant en surface a des caractéristiques propres qui pourraient aussi être prises en compte. La réponse des poissons pourrait ainsi être interprétée en fonction des différents spectres sonores mis en évidence.

On recommande de réaliser des expériences comparant les capacités d'attraction de deux DCP dérivants identiques, l'un muni d'un émetteur de son enregistré près d'un objet ancré, l'autre muni d'un émetteur factice. Il en va différemment des DCP dérivants. Dans ces conditions, il y aurait lieu de tester différentes sources sonores émises artificiellement à proximité des DCP sur le comportement d'agrégation des poissons. Les outils et algorithmes de l'acoustique moderne permettent d'analyser et de différencier les différentes sources sonores dans le milieu aquatique (bruit de clapot, de chaîne, etc.).

Facultés de mémorisation spatiale

Le second volet des discussions a porté sur la capacité des thons à retrouver un objet à des distances variables, réponse comportementale qui pourrait mettre en œuvre des facultés de mémorisation spatiale. La mémoire spatiale est une faculté qui permet à l'animal de prendre une direction pour se diriger vers un point spatial sans que l'animal ait pu détecter le moindre signal émis par ce point lui indiquant la direction à prendre. On se place donc hors du champ de détection d'un objet par un thon.

D'une manière générale, tester ces facultés s'accompagne d'une certaine difficulté de mise en œuvre expérimentale. Une expérience simple a été proposée pour tester la réponse des bancs ou d'individus marqués à des changements de localisation d'un DCP. Elle consisterait à déplacer un DCP ancré d'un point A à un point B et, lorsqu'un mouvement de retour vers A est amorcé, à étudier la dynamique de déplacement du banc. Celle-ci conduira-t-elle à une agrégation au point A (mémoire de la position du DCP) ou bien au point B ? Il y aurait lieu de tester les réponses face à des déplacements de l'objet à des distances de plus en plus grandes afin d'analyser l'évolution du comportement au fur et à mesure que l'on s'éloigne du rayon d'action des différents stimuli déterminant l'agrégation. Ici encore, on devra effectuer de nombreux réplicats afin de travailler sur de grands nombres de thons permettant de s'affranchir de notre inaptitude à identifier les motivations (et surtout l'absence de motivation) du mouvement vers un objet flottant. De plus, les résultats resteront difficiles à interpréter si ceux présentés au point antérieur montrent que les thons sont capables de détecter à distance un objet. Dans ce cas, le poisson pourrait modifier sa trajectoire de retour vers le point A dès qu'il aurait détecté l'objet déplacé au point B.

Hypothèses sur l'agrégation

Les discussions de cette deuxième partie se sont appuyées sur un résumé des diverses hypothèses avancées par différents auteurs (la plus ancienne remonte à 1952!) pour expliquer l'agrégation de poissons pélagiques sous les DCP (Fréon & Dagorn, *op. cit.*). Un document récapitulatif a d'ailleurs été distribué aux participants de cette réunion. Cinq des seize hypothèses, parmi les plus crédibles, ont ainsi été passées en revue.

Refuge contre des prédateurs

Le test consisterait à placer deux objets flottants (éventuellement différents quant à leur capacité à offrir un refuge) espacés de quelques dizaines de mètres et d'observer le comportement d'un groupe de poissons face à une prédation réelle ou simulée : convergeraient-ils vers l'un des DCP (protection) ou se localiseraient-ils au hasard par rapport aux DCP (ou se répartiraient-ils en deux groupes)?

Cette expérience est en fait peu adaptée aux thons, elle concernerait plutôt les « intranatants ».

Concentration de nourriture

Compte tenu des fortes concentrations qui peuvent se trouver associées aux DCP, cette hypothèse ne peut pas être retenue pour des thons rassemblés en bancs. Elle pourrait, par contre, être examinée dans le cas de monts sous-marins en comparant différents monts et en étudiant les contenus stomacaux des thons capturés à différentes distances du mont. Cette hypothèse n'a pas paru constituer un degré de priorité élevé.

Le DCP, indicateur de richesse du milieu

Cette hypothèse mérite certes des tests mais leur mise en œuvre semble complexe. La recherche d'objets flottants serait, pour les thons, un moyen pratique pour rester en contact avec des masses d'eau productives (ou s'y faire conduire). Suivre un objet permettrait en particulier de retrouver plus facilement des proies, alors que le contact entre prédateurs et proies risque d'être perdu en l'absence de DCP, une fois les prédateurs rassasiés. Toute expérience visant à coupler marquages soniques, écho-intégration des thons et des proies et mesure de l'activité nutritionnelle des thons (à l'aide de capteurs *ad hoc*) permettrait d'obtenir une meilleure idée du bénéfice potentiel apporté par le DCP dérivant sur la facilitation trophique des thons. On s'attachera en particulier à l'étude de la fidélité à un objet et à la durée de l'association selon l'évolution du potentiel trophique (pour les prédateurs) de la masse d'eau dans laquelle dérive l'objet. De plus, la comparaison du rayon d'action de détection des proies et des objets flottants naturels (voir « Le DCP, point de rencontre ») permettra d'éclairer cette hypothèse. Enfin, la comparaison de la richesse en proies dans des zones avec ou sans objets naturels permettrait de conforter ou non l'hypothèse.

Aide à l'orientation

Cette hypothèse est relativement facile à tester à partir de DCP ancrés, à l'aide de marquages soniques qui peuvent être couplés à des marques « pop-up » se déclenchant à différents laps de temps sur l'ensemble des poissons marqués. Si l'échelle d'observation est trop fine pour une utilisation des marques « pop-up » (localisation peu précise), on préférera équiper de manière exhaustive tous les DCP ancrés d'une zone de stations d'écoute et marquer les thons avec de simples « pingers ». Cela correspondrait à l'expérience de Klimley & Holloway (1999)⁴ ainsi qu'à celle de l'équipe japonaise sur les *nirai*, mais avec une observation exhaustive de tous les objets flottants d'une zone précise (en supposant qu'il n'y ait pas d'objets dérivants entrant dans la zone). Ce protocole permettrait de mieux comprendre les déterminismes d'une navigation récurrente (retour vers des zones habituellement riches en proies ?), avec des DCP visités dans des ordres précis. L'étude de la navigation d'un thon marqué à l'intérieur d'un réseau de DCP ancrés serait enrichissante, de même que la comparaison du comportement des thons entre DCP ancrés et dérivants d'une même zone. L'expérience serait particulièrement intéressante à conduire à proximité d'un mont sous-marin.

Le DCP, point de rencontre

Dans cette hypothèse, le DCP faciliterait la rencontre d'individus évoluant isolément ou en petits groupes, permettant la constitution de bancs jusqu'à une taille critique au-delà de laquelle les bancs se libéreraient du DCP. Un certain nombre de tests avaient déjà été proposés par Fréon & Dagorn (*op. cit.*). Ils ont été considérés et détaillés :

- comparaison des rayons d'attraction des DCP et d'un banc de poissons congénères : on dispose d'ores et déjà d'estimations du rayon d'attraction d'un DCP au moyen de marquages acoustiques. Ceci constitue un point de départ qui méritera néanmoins des expériences complémentaires pour en affiner l'évaluation. Pour ce qui est des congénères, l'expérience consisterait à maintenir des poissons dans une cage et à étudier la réponse des thons évoluant librement dans les environs. Si un banc de thons avait un rayon d'attraction supérieur à celui d'un DCP, l'hypothèse perdrait de sa valeur comme facteur initial d'agrégation et, au mieux, les congénères tendraient à se regrouper préférentiellement autour d'un DCP ayant déjà agrégé des individus ;

- comparaison des réponses dans des zones à densités de bancs et d'objets différentes, pour répondre aux questions suivantes : si une espèce présente une faible densité dans une zone donnée, se concentrera-t-elle plus facilement sous un DCP ? La taille des bancs varie-t-elle en fonction de la densité en objets ? Cette approche pourrait s'appliquer aussi bien aux thons qu'aux petites espèces pélagiques (côtières et hauturières) ;

4. Mar. Biol., 133, 307-317.

- étude comportementale d'un individu marqué et remis à l'eau à égale distance d'un banc et d'un DCP : dans quelle direction se dirigera-t-il (nécessité ici encore de cumuler des observations)?
- comparaison simultanée de la dynamique de bancs associés et de bancs libres dans la même zone de manière à estimer le degré de similitude/dissembance des processus d'agrégation. Le problème est de trouver une zone où ces deux types de bancs cohabitent, et en quantité suffisante! L'expérimentation s'appuierait sur des marquages soniques couplés à des mesures de densité par écho-intégration. Les bancs associés peuvent être étudiés à partir d'un sonar et d'une station d'écoute postés sur le DCP.

Conclusion

Cette réunion, organisée de manière informelle à l'issue du colloque, a donc prôné une voie de recherche plus tournée vers l'expérimentation que vers l'observation afin de mieux comprendre le phénomène de l'agrégation. Il apparaît clairement que ce n'est pas chose facile, et ce pour plusieurs raisons :

- il est vraisemblable que les réponses des poissons soient dictées par une synergie de facteurs et non contrôlées par un facteur unique ;
- les réponses sont vraisemblablement non linéaires et l'identification de valeurs seuil apparaît comme une tâche à la fois importante et complexe à mener ;
- les protocoles expérimentaux les plus solides (et qui peuvent être répétés) sont principalement le fait des milieux dits « contrôlés ». Dans notre cas, il s'agit de mettre en œuvre des expériences dans le milieu naturel, qui peuvent être soumises à certains aléas d'échantillonnage et pour lesquelles rien n'est « égal par ailleurs ». Il est donc nécessaire d'identifier les expériences les plus simples, dans un premier stade, au risque même de paraître « simplistes ». Il convient également de se restreindre sur le nombre de paramètres à tester ;
- la méconnaissance actuelle des motivations du poisson pour se diriger vers un objet plutôt qu'ailleurs oblige à de nombreuses répétitions des observations afin de dégager des tendances statistiquement significatives. De ce point de vue, on ne peut qu'encourager le développement de capteurs sur l'état interne des individus (capteurs d'activités alimentaires, différents capteurs physiologiques) afin d'approfondir nos connaissances dans ce domaine.

Il a été reconnu que les avancées technologiques dans les marques constituent une plate-forme de progrès potentiels dans l'étude du comportement et du phénomène de l'agrégation, et que les méthodes couplées (observation simultanée du comportement, des facteurs physicochimiques et de l'environnement biologique) doivent être le plus possible mises en œuvre.

L'accent a été mis également sur la nécessité de recourir à des approches de type comparatif, mettant en œuvre des DCP « blancs » et d'autres « instrumentés ». Les progrès technologiques des capteurs permettent de mettre en place de véritables centrales d'acquisition dans un volume réduit ; des initiatives en ce sens devraient être prises. Les navires d'assistance à la pêche thonière constituent également des plates-formes tout à fait pertinentes qui ont été peu valorisées jusqu'à présent.

Session 6

DCP, sociétés et systèmes halieutiques

FADs, socio-economics and anthropology

Session 6

DCP, sociétés et systèmes halieutiques

FADs, socio-economics and anthropology

Président : Lionel Reynal - Rapporteur : Hélène Rey-Valette,

La sixième session, « DCP, sociétés et systèmes halieutiques », a été l'occasion d'aborder des thèmes sociaux et économiques complémentaires des approches halieutiques, biologiques ou technologiques, contribuant ainsi à rendre exhaustif l'examen des transformations engendrées par les DCP. L'intérêt des débats sur ce plan renforce la nécessité, à présent acquise et rappelée avec force lors des allocutions d'ouverture du colloque, d'une approche globale des DCP au sein des systèmes halieutiques. DCP ancrés et dérivants relèvent ici de deux logiques différentes, et ce sont presque exclusivement les DCP ancrés destinés au développement de la pêche artisanale qui ont été au cœur des communications et débats de cette session. En effet, une problématique sous-jacente d'approche des programmes de DCP, en tant que projet de développement proposant un transfert de technologie, se retrouvait dans de nombreux aspects évoqués. Cette approche débouche ainsi sur l'analyse traditionnelle en matière de projet des conditions d'acceptation et d'assimilation de l'innovation. Le colloque a montré à cette occasion la diversité des facteurs et conditions requises, ainsi que l'importance du processus de promotion et de conduite du projet, comme l'illustre l'expérience de São Tomé et Príncipe.

Parmi les points évoqués, on retrouve la notion de pêche responsable à la fois comme objectif de gestion mais aussi comme objet de l'économie politique internationale, positionnant ainsi l'ensemble des expériences insulaires à l'échelle mondiale. Les aspects sociaux ont, quant à eux, surtout porté sur l'assimilation, voire l'appropriation pour employer un vocable plus anthropologique, de l'innovation « DCP ». C'est au travers des effets induits sur les filières et surtout des problèmes de marché que l'économie a été mobilisée. Il s'agit notamment d'évaluer les potentialités des marchés dont on peut rappeler qu'ils sont *a priori* étroits et segmentés du fait du contexte insulaire qui joue dans ce domaine un rôle contraignant, les concurrences entre circuits et les besoins d'innovation associés (en particulier la disponibilité et l'utilisation de glace) en faveur de l'amélioration de la qualité des produits qui devrait accompagner la progression quantitative des prises engendrée par les DCP.

Les aspects commerciaux, dans des contextes qui ne sont plus forcément insulaires, ont aussi été soulevés dans le cas des DCP dérivants à propos de la commercialisation des prises accessoires. La dénomination utilisée, largement généralisée dans le cas des pêcheries industrielles,

de « faux poisson » a causé quelques surprises parmi les participants et donné lieu à un débat animé, notamment par les anthropologues pour qui toute dénomination a un contenu symbolique. Dans le cas évoqué de la Côte-d'Ivoire, il apparaît que ces prises ont permis la structuration d'une filière avec une contribution positive à l'équilibre nutritionnel du pays.

Diverses interventions ont introduit la question de l'adaptation de la gestion des pêches compte tenu de l'introduction des DCP ancrés. Cela a constitué un thème central aux discussions de cette session en même temps que transversal aux autres sessions, et qui s'est révélé être un axe fort de débat tout au long du colloque. Plusieurs points ont été abordés, notamment la question du statut, privé ou public, du DCP, débat alimenté par la comparaison des DCP ancrés introduits par des institutions de développement et des DCP individuels de Guadeloupe. Ce débat s'est souvent posé en termes d'opposition entre l'initiative privée, conduisant à une privatisation de fait de la ressource, et l'intervention publique associée à la préservation du caractère collectif des ressources et du domaine public maritime. Cette question du statut a été reliée au changement de mode d'appropriation des ressources et de l'espace que provoquent les DCP et, par là, à la nécessité d'adapter les mesures de gestion afin d'éviter les conflits et de satisfaire à des conditions d'équité. Néanmoins, bien que souvent soulevée, cette opposition de logique du statut des DCP a souvent été abordée au niveau des principes, lesquels doivent souvent être relativisés par les faits et les pratiques réelles des acteurs.

Ainsi en est-il du postulat de non-appropriation des ressources alors qu'ethnologues et géographes s'accordent à montrer la diversité des formes d'appropriation informelle au travers du savoir-faire, des régulations coutumières... Inversement, les pêcheurs guadeloupéens soulignent la faiblesse dans les faits de la règle d'un accès « privatif » autour du DCP attribué à son propriétaire. Il s'avère en effet que celle-ci ne joue, d'une part, que si le DCP a été régulièrement déclaré aux Affaires maritimes et, d'autre part, seulement durant le temps de présence en mer du propriétaire du DCP : en son absence son dispositif est régulièrement visité par les autres pêcheurs qui ont tous de fait ainsi accès à un parc de DCP largement supérieur à celui qu'ils ont eux-mêmes implanté.

Par ailleurs, le choix public-privé doit prendre en compte de multiples facteurs dont l'impact, quoique souvent indirect, n'en est pas moins important. Ainsi, l'option « DCP bien public » crée-t-elle un objet collectif qui peut s'avérer être un prétexte favorable à la mise en place et au succès d'une démarche de professionnalisation, au sens de l'inscription maritime des usagers, ainsi que de structuration professionnelle. Cependant, dans ce cas, la question fondamentale devient celle de la continuité des financements publics alloués, notamment pour le renouvellement et l'entretien des DCP. Le principe de la permanence de telles aides pose des interrogations de fond tant économiques (quant à la

rentabilité réelle de ce mode d'exploitation et au bilan coût-avantage que peuvent en retirer les pouvoirs publics) qu'idéologiques ou politiques (en termes de programmation budgétaire et de justification d'une assistance, voire d'une « rente » pérenne à une collectivité particulière).

Ainsi, ces réflexions rejoignent-elles le sens du développement des pêches auquel les DCP contribuent. Tandis que plusieurs exposés évoquent la nécessité de distinguer des phases dans le processus d'intégration de l'innovation, des notions telles que l'idée d'une trajectoire de développement et d'un développement adaptatif ont été évoquées. On a insisté sur le besoin d'une approche dynamique, du fait de l'existence d'irréversibilités et de la relativité dans le temps d'une situation de réussite. Celle-ci peut en effet, comme le souligne l'exemple des conflits entre pêcheries à la Réunion, induire des conflits ou impacts à une autre échelle en même temps qu'elle peut aussi apparaître comme une phase intermédiaire d'un processus plus large de développement des pêches.

Dans tous les cas, l'importance de l'intégration sociale des DCP en particulier par la mise en œuvre de mesures de régulation adaptée, est rappelée et soulignée au travers, notamment, de l'exemple des accadjas, sortes de récifs de branchages traditionnels des lagunes ouest-africaines, qui ont dû être abandonnés, malgré des effets halieutiques positifs, du fait des conflits et problèmes sociaux qu'ils généraient. Dans des régions comme les Caraïbes, où les expériences se multiplient au niveau de nombreuses îles, ou pour des administrations comme les Affaires maritimes, confrontées à la régulation de ces dispositifs dans divers départements d'outre-mer, la question se pose de l'échelle à laquelle les dispositifs doivent être régulés. Celle-ci peut s'envisager à l'intersection d'une régulation commune dictée par le fonctionnement et les effets spécifiques des DCP et de régulations locales prenant en compte les particularités des contextes et des histoires. Les DCP apparaissent comme un objet nouveau qui, en tendant à une appropriation de l'espace, renvoie à une gestion territorialisée. Celle-ci, encore souvent expérimentale bien que portée par un contexte favorable de décentralisation des décisions et de participation des acteurs, pourrait trouver dans les DCP des « cas d'école » propices à de nouveaux dispositifs institutionnels ou, pour employer un vocable économique, de nouvelles formes de gouvernance. Ainsi, les DCP deviennent un lieu de rencontre favorable au dialogue tant entre usagers, en favorisant le partage de l'espace et la gestion intégrée des écosystèmes, qu'entre pêcheurs, gestionnaires et chercheurs autour de l'idée de co-management, qu'ils peuvent ainsi participer à expérimenter et à promouvoir.

Mise en place et exploitation des DCP en Martinique : aspects réglementaires et économiques

Loïc Laisné⁽¹⁾, Pierre Angelelli⁽²⁾

(1) Administrateur en chef des Affaires maritimes, directeur départemental des Affaires maritimes délégué pour la Martinique de 1996 à juillet 1999 ; actuellement, directeur du centre régional opérationnel de surveillance et de sauvetage du Corsen, 29810 Plouarzel, France

(2) Administrateur en chef des Affaires maritimes, actuel directeur départemental des Affaires maritimes délégué pour la Martinique depuis septembre 1999, Bd Chevalier de Sainte-Marthe, BP 620, 97261 Fort-de-France Cedex, Martinique

Après une période d'expérimentation lancée localement au début des années quatre-vingt, les premiers résultats ont été suffisamment probants pour conduire les professionnels à souhaiter l'implantation de dispositifs de concentration de poissons (DCP) en Martinique ou à les implanter eux-mêmes pour la capture des dorades coryphènes, des thons noirs, de l'albacore ou du listao.

Le colloque international sur la pêche thonière et les dispositifs de concentration de poissons organisé du 15 au 19 octobre 1999 en Martinique donne l'occasion de revenir sur le contexte, l'intérêt et les modalités de développement de la technique des DCP en Martinique.

Rappel des données économiques, sociales et institutionnelles de la pêche en Martinique

Il s'agit de présenter rapidement, d'une part, les éléments constituant le contexte économique de la pêche (demande, offre et combinaison des facteurs de production) et, d'autre part, l'environnement institutionnel de cette activité.

La consommation

La consommation de poissons est estimée à 16 000 t par an, dont 4 000 t de poissons transformés (séchés, salés ou fumés ; morue ou hareng). Sous réserve de les considérer avec précaution eu égard à l'absence de statistiques récentes, ces chiffres, rapportés à ceux de la population vivant en Martinique (380 000 hab.), donnent une consommation annuelle moyenne par habitant de plus de 40 kilogrammes. Les Martiniquais apparaîtraient ainsi parmi les plus gros consommateurs mondiaux de poissons (pour mémoire, la consommation de produits de la mer en France métropolitaine se situe aux alentours de 15 kg par habitant et par an.)

L'offre

La dernière enquête statistique réalisée en 1992 par le comité régional des pêches maritimes et des élevages marins (CRPMEM) a permis de mieux connaître les débarquements qui se situaient entre 6 000 et 6 500 t, pour un chiffre d'affaires évalué à 220 millions de francs (33,5 millions d'euros).

À cette production locale, il convient d'ajouter, d'une part, le poisson d'importation (principalement du Vénézuéla et de Saint-Vincent) que les déclarations en douane permettent d'évaluer avec une bonne précision à 1 600 t en moyenne par année pour le poisson frais et, d'autre part, les « importations » intra-européennes, (produits frais et transformés ; Guyane, Europe) et les importations de produits transformés, estimées ensemble au maximum à 8 400 tonnes¹.

Le marché de la pêche locale est très atomisé (beaucoup de producteurs et d'acheteurs, nombreux points de vente) et confère aux prix une bonne stabilité se situant en moyenne à 40 F par kilogramme (6,09 euros) de poisson frais. Par ailleurs, une part non négligeable de la pêche locale, déclarée ou non, doit être autoconsommée par les pêcheurs eux-mêmes et leurs familles.

Les facteurs de production

On distinguera schématiquement : les pêcheurs, les navires et les techniques de pêche.

Un millier de marins pêcheurs en Martinique²

Ce nombre est stable sur les cinq dernières années.

L'examen des différentes répartitions de ce nombre permet de préciser la physionomie du monde de la pêche.

- **Répartition par âge** : 62 % des pêcheurs ont plus de 40 ans et seulement 10 % ont moins de 30 ans. Plus qu'un vieillissement de la population de pêcheurs, cette répartition reflète sans doute, pour partie, le mode de « recrutement » des pêcheurs professionnels en Martinique. Ceux-ci adoptent en effet tardivement (vers l'âge de 30 ans) le statut professionnel³, après une « période d'essai » assez longue en tant que journaliers.

Il est à noter que 19 % des pêcheurs ont plus de 60 ans (et 5 % plus de 70 ans), ce qui est probablement dû au régime de cotisations sociales en vigueur chez les patrons-pêcheurs des départements français d'outre-mer⁴. Afin d'alléger leurs charges d'exploitation, ceux-ci peuvent en effet opter pour un régime de « demi-rôle » où, schématiquement, ils ne

1. Valeur « plafond » calculée à titre indicatif sans tenir compte de la sous-évaluation des captures liée à la pêche en fraude et à l'autoconsommation : 16 000 t - (1 600 t + 6 000 t).

2. Les marins pêcheurs au sens du présent article sont ceux qui répondent à la définition administrative française : il s'agit des marins identifiés en tant que marin de la marine marchande et cotisant de ce fait au régime spécial de sécurité sociale des gens de mer géré par l'établissement national des invalides de la Marine.

3. Statut « d'inscrit maritime », terme ancien remplacé en 1965 par l'appellation de « marin de la Marine marchande ».

4. Loi n° 77-441 du 27 avril 1977 et décret n° 77-1313 du 24 novembre 1977.

payent que la moitié des cotisations sociales mais ne bénéficient que de la moitié des prestations correspondantes. Les effets de ce système, instauré il y a une vingtaine d'années, commencent à apparaître sur les classes d'âge pouvant prétendre à la pension de retraite⁵ : à l'évidence, ces classes d'âge semblent retarder leur sortie d'activité faute de pension de retraite suffisante ou cumulent leur pension avec la poursuite de la pêche⁶.

Aujourd'hui, 70 % des pêcheurs professionnels de Martinique ont opté pour le système de cotisations allégées de moitié. Dès lors, on peut formuler l'hypothèse que les charges sociales ne constituent plus, comme cela a été longtemps le cas, un fort discriminant entre les pêcheurs professionnels et les clandestins, d'autant que le bénéfice de la détaxe du carburant⁷ ouvert aux premiers tend à compenser pour partie le poids des cotisations sociales.

En conséquence, hormis la question des qualifications professionnelles, il n'y aurait pratiquement plus de distinction économique ou sociale entre les pêcheurs sous statut et les pêcheurs clandestins.

- la **répartition géographique** des pêcheurs par commune de résidence (qui permet d'approcher la répartition par port d'exploitation) apparaît assez homogène, avec toutefois l'émergence de pôles : le groupe « Atlantique » avec les communes de François, Robert, Trinité, Vauclin et Sainte-Marie représente plus de 40 % de l'effectif des pêcheurs professionnels ; un deuxième groupe « Sud-Caraïbe » apparaît avec un peu moins de 40 % des pêcheurs ; un troisième groupe « Nord-Caraïbe » rassemble environ 20 % de l'effectif des pêcheurs.

Structure de la flottille de pêche martiniquaise

- **Répartition par type de pêche** : la flottille est composée d'un peu plus de 1 200 unités⁸, classées à 99 % dans la catégorie administrative dite de « petite pêche⁹ ». Certains pêcheurs ayant plusieurs embarcations en fonction des types de pêche pratiqués, le « stock » de navires est supérieur au nombre de pêcheurs.

Vingt unités pratiquent la pêche côtière (sorties en mer d'une durée comprise entre 24 h et 96 h) et la pêche au large (sorties en mer d'une durée supérieure à 96 h), principalement sur le plateau guyanais.

- **Répartition des navires par taille** : 99 % des navires ont moins de 12 mètres de longueur.

5. L'âge minimal de la retraite est de 50 ans avec toutefois un plafonnement obligatoire à 25 annuités ; la prise en compte de l'intégralité des annuités cotisées n'est possible qu'à partir de 55 ans, qui devient l'âge normal de la retraite ; il n'y a pas d'âge légal de la retraite dans la Marine marchande.

6. Ce qui est légal : sous ce régime, le pêcheur souscrit un forfait trimestriel ou annuel et ne cotise plus pour la retraite qu'à la moitié ou au tiers des cotisations correspondantes.

7. Code français des Douanes (art. 190, 195 bis et 265).

8. 2 887 unités en 1985 (cité dans « *Engins et techniques de pêche de la Martinique* », Guillou & Lagin, 1997).

9. Les navires appartenant à cette catégorie administrative ne peuvent sortir en mer plus de 24 heures.

- Répartition des navires par âge :

Âge au 30 septembre 1999

< 5 ans	27,8 %
> 5 ans	26,4 %
> 10 ans	21,4 %
> 15 ans	24,4 %

Source : direction des Affaires maritimes.

La flottille est assez jeune puisque 75 % des navires ont moins de 15 ans. La pêche est essentiellement artisanale ; les embarcations sont la propriété des patrons. La flottille de petite pêche semble assurer environ 90 % des apports débarqués. Elle est constituée d'unités non pontées de longueurs moyennes comprises entre 6 et 8 m, propulsées par un ou deux moteurs hors-bord à essence de forte puissance. Elle comprend principalement des yoles en polyester de construction locale. Le nombre des gommiers traditionnels a considérablement régressé au profit des constructions en plastique.

Les yoles les plus importantes pratiquent la pêche dite « à Miquelon » pendant la saison de novembre à juin, traquant les bancs de poissons pélagiques du nord de Sainte-Lucie au nord de la Dominique, jusqu'à des distances parfois importantes, hors de vue de la côte.

Techniques de pêche. Pêche des poissons pélagiques et de fond

Succinctement¹⁰, les techniques de pêche actuelles sont :

- les casiers ou nasses en bois-grillage ou fer-grillage, principal mode d'exploitation du plateau continental et des espèces benthiques, sont calés entre 0 et 80 mètres. Le maillage minimum est de 31 millimètres ;
- les sennes de plage : cette technique, utilisée principalement dans le Nord-Caraïbe, est en diminution. Son impact sur la ressource peut être, en cas de mauvaise utilisation, très destructrice pour les juvéniles ;
- les filets trémails de fond : cette technique qui ne nécessite pas d'appâts connaît un certain développement ;
- les filets maillants encerclants, dérivants, ou calés sur le fond : quelques navires pratiquent cette technique ;
- les palangres de fond ;
- les palangres dérivantes, utilisées pour la pêche « à Miquelon » ou sur DCP ;
- les lignes de traîne, également utilisées pour la pêche « à Miquelon » des pélagiques.

La pêche en Martinique est marquée par une saisonnalité forte. La pêche dite « à Miquelon », de novembre à juin, est ciblée sur l'exploitation des ressources pélagiques selon une technique par laquelle les pêcheurs, anticipant sur les DCP, partent à la recherche des « bois » sous lesquels s'abritent les poissons. Cette période est la plus lucrative pour les

10. Une vision très complète figure dans l'étude déjà citée « *Engins et techniques de pêche de la Martinique* », Guillou & Lagin, station Ifremer de la Martinique, 1997 (réf. RHDV/RH/RST/97-10.)

pêcheurs mais est soumise à des variations annuelles liées à la présence plus ou moins abondante des poissons pélagiques.

La pêche aux nasses et aux filets de juillet à octobre, ciblant les espèces benthiques, permet difficilement aux pêcheurs d'obtenir un revenu satisfaisant.

Environnement institutionnel de la pêche

L'examen sommaire de l'environnement institutionnel de la pêche depuis 20 ans met en évidence un double mouvement d'éclatement des pôles de décision et donc la nécessité croissante de coordination.

L'éclatement des pôles de décision

À la fin des années soixante-dix, l'État, à travers la direction générale de la Marine marchande du ministère chargé des Transports, puis du ministère de la Mer (1981), gérait ou contrôlait, par l'intermédiaire d'établissements publics administratifs, la quasi-totalité de la politique des pêches, c'est-à-dire :

- les aides financières au secteur de la pêche et de l'aquaculture ;
- le régime social des gens de mer ;
- la réglementation des pêches ;
- la formation professionnelle maritime ;
- les ports ;
- la sécurité des navires ;
- la sécurité de la navigation ;
- l'organisation et le fonctionnement du sauvetage en mer ;
- la recherche appliquée au secteur de la pêche.

À la fin des années quatre-vingt-dix, on constate que :

- les aides financières au secteur de la pêche et de l'aquaculture apparaissent partagées entre l'Union européenne (lancement de la politique commune des pêches en 1983) et les Régions (décentralisation en 1982-1983) ;
- une partie de la formation professionnelle maritime a été attribuée aux Régions (décentralisation de la formation professionnelle continue en 1982-1983) ;
- la gestion et le financement des ports de pêche sont transférés aux départements (décentralisation en 1982-1983) ;
- une part importante des attributions régaliennes de réglementation des pêches a même été transférée à l'Union européenne (1983 et 1994), d'une part, et aux instances professionnelles (1991-1992), d'autre part ;
- de même, des attributions de souveraineté (négociation et conclusion d'accords internationaux en matière de pêche) ont été transférées à l'Europe (1983) ;
- la recherche appliquée au secteur de la pêche s'est « autonomisée » avec la transformation de l'établissement public administratif qu'était l'institut scientifique et technique des pêches maritimes (ISTPM) en un établissement public industriel et commercial, l'institut de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer, 1984) ;

- enfin, les compétences restant à l'État ont été réparties entre deux départements ministériels (1993) : le ministère de l'Agriculture et de la Pêche et le ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement. Par défaut, le secrétariat d'État à l'outre-mer conserve, voire amplifie dans ce contexte de division, son rôle directeur.

Les trois principaux mouvements indiqués (décentralisation, politique commune des pêches, professionnalisation de la réglementation des pêches) ont généré une complexité accrue de la gestion des pêches maritimes. Aux rapports hiérarchiques ou de tutelle, se sont substituées les nécessités d'une coordination et d'une concertation (voire de véritables négociations) accrues qui n'avaient pas lieu d'être antérieurement et dont certaines ont été institutionnalisées (contrats de plan État-Régions, programmes européens cogérés, par exemple).

Les DCP et l'environnement institutionnel actuel

Dans l'environnement actuel, l'implantation et l'exploitation des DCP de Martinique relèvent ainsi de différentes instances.

Autorisations d'implantation	État
Réglementation de l'utilisation : zones d'exclusion de pêche ; navires autorisés et création et gestion d'un régime de licences de pêche ; éventuellement, époques de pêche	CRPMEM
Financement des investissements	Région + Europe (représentées par l'État)
Financement du fonctionnement	CRPMEM en tant que maître d'ouvrage des DCP et pour le compte des bénéficiaires finals
Équipement des ports de pêche (infrastructures et capacité d'accueil et de valorisation des produits)	Département + Europe
Négociation et conclusion d'accords de pêche avec les îles voisines (Dominique, Sainte-Lucie, par exemple)	Europe + État

CRPMEM : Comité régional des pêches maritimes et des élevages marins.

L'autonomie des différents acteurs de la pêche martiniquaise crée ainsi des exigences propres liées, d'une part, aux politiques qu'ils souhaitent mettre en œuvre et, d'autre part, aux procédures d'instruction et de suivi des projets.

La pérennisation des projets de DCP apparaît, pour une part importante, conditionnée par la coordination interinstitutionnelle (programmation : documents uniques de programmation ; contrats de plan État-Région) et le développement de « l'ingénierie administrative » (capacité de confectionner les dossiers de demande de subventions, les dossiers de liquidation, de fournir les éléments de suivi des projets, etc.).

C'est dans l'environnement rappelé ci-dessus qu'il convient maintenant d'examiner l'intérêt des dispositifs de concentration de poissons en Martinique et les modalités d'implantation retenues (cadre réglementaire de l'implantation et de l'exploitation, financements).

Intérêt des DCP et modalités d'implantation en Martinique

Intérêt des DCP pour la Martinique

Les DCP paraissent une des voies de diversification des pêcheurs en Martinique. Aux yeux de l'Administration, ils constituent un intérêt tant pour l'économie générale de l'île que pour les entreprises de pêche.

Intérêt pour l'économie générale de l'île

Au prix moyen du poisson frais de l'ordre de 40 F/kg (6 euros/kg), l'écart en valeur¹¹ entre l'offre et la demande est théoriquement de plus de 150 millions de francs par an (22,8 millions d'euros). Les DCP contribuent à la réduction de l'écart entre production locale connue et consommation locale en limitant le recours aux importations et en permettant de réintégrer dans le circuit officiel une partie de la production non connue (clandestine?) :

- les revenus tirés de la pêche locale peuvent ainsi être recyclés dans l'économie insulaire avec un effet multiplicateur des dépenses des ménages de pêcheurs probablement plus fort que celui des revenus tirés de l'importation ;
- il s'agit donc pour l'île d'une véritable création nette de richesse ;
- enfin, le recours aux DCP permet une réduction de l'effort de pêche sur les espèces démersales, donc une pérennisation des activités de pêche.

Aspects micro-économiques

Le compte d'exploitation simplifié d'une unité de pêche s'établit généralement comme suit :

Charges : frais de personnels, charges sociales, carburant, entretien/réparation, amortissement, frais financiers, impôts et taxes ;

Produits : chiffres d'affaires (quantités pêchées x prix de vente).

De façon empirique, en tant que donnée d'expérience propre aux services des Affaires maritimes :

- il paraît exister une forte flexibilité à la baisse des charges sociales par rapport aux recettes d'exploitation ; en d'autres termes, une diminution des recettes, due par exemple à une baisse des apports ou des prix, est d'abord équilibrée par un ajustement à la baisse des cotisations sociales (recours au travail clandestin ; « débarquement du marin ou du patron ») ; mais une hausse des recettes d'exploitation n'entraîne pas symétriquement une hausse des cotisations, notamment par l'enrôlement des marins ;

11. Essai de quantification : l'écart en volume entre la production locale connue de poisson frais et la consommation en frais est de l'ordre de 4400 tonnes par an :

$C_{FR} + C_{TR} + X = Y_D + M_{hors UE} + [M_{UE} + Y_{NC}]$ où : C_{FR} = consommation locale de poissons frais (12 000 t),

C_{TR} = consommation locale de poissons transformés (4 000 t),

X = exportations de poissons (non significatif),

Y_D = production locale de poissons (6 000 t),

Y_{NC} = production non connue,

$M_{hors UE}$ = importations extérieures de l'Union européenne (1 600 t),

M_{UE} = importations en provenance de l'Union européenne (y compris Guyane française).

- par ailleurs, les investissements semblent souvent trop faibles pour qu'un équilibre du compte d'exploitation soit significativement obtenu par la réduction des coûts d'investissement (subventions, amortissements, frais financiers);
- en revanche, les déterminants principaux de l'équilibre du compte d'exploitation restent :
 - la rémunération des personnels,
 - les coûts de carburant (utilisation de moteurs à essence sur les yoles),
 - les quantités pêchées,
 - les prix de vente.

Dans ce cadre, l'intérêt que les professionnels de la pêche ont vu aux DCP est :

- de favoriser la présence de poissons, donc d'augmenter les quantités pêchées;
- de diminuer le temps de recherche et l'éloignement des navires, donc la consommation de carburant;
- de limiter les puissances motrices installées à bord des navires, donc l'investissement, les coûts d'entretien et la consommation de carburant.

Eu égard aux conditions du marché (faible production locale par rapport à la consommation), on peut s'attendre, sous certaines réserves¹², à ce que l'augmentation de la production locale par DCP n'entraîne pas une diminution des prix de vente mais une augmentation proportionnelle du chiffre d'affaires des entreprises de pêche.

Ces constats, souvent empiriques, ont été faits par les pêcheurs martiniquais qui ont souhaité depuis une dizaine d'années la mise en œuvre de DCP. Des expériences individuelles ont été tentées jusqu'à ce que l'administration des Affaires maritimes, l'Ifremer et les instances professionnelles privilégient le modèle de développement public et collectif d'implantations et d'exploitations.

Modalités d'implantation des DCP en Martinique

Cadre réglementaire

S'agissant des DCP fixes, la distinction entre dispositifs privés et dispositifs publics n'est pas, en elle-même, toujours pertinente : il convient plutôt d'effectuer une distinction entre DCP collectif et DCP individuel. En effet, les DCP ne sont pas publics en eux-mêmes; le caractère public résulte en fait :

- de la propriété du comité régional des pêches maritimes et des élevages marins, organisme public professionnel créé par la loi du 2 mai 1991 et placé sous la tutelle de l'État;
- d'un engagement des pouvoirs publics en phase de développement;
- des opportunités de concentrer des financements publics au taux maximum.

12. Notamment celle que les apports des DCP soient étalés au maximum dans l'année afin de ne pas saturer le marché en poissons pélagiques.

Le choix du modèle collectif de développement des DCP opéré en Martinique résulte du souhait des pouvoirs publics (y compris des scientifiques) et professionnels (CRPMEM) :

- de promouvoir un développement mesuré et prudent des DCP permettant de contrôler, d'une part, les transferts de populations d'un métier de pêche (pêche aux nasses ou aux filets d'espèces démersales; pêche « à Miquelon ») vers l'autre (pêche sur DCP) et, d'autre part, les caractéristiques des navires;
- d'esquisser, si besoin est, une gestion de l'espace maritime et d'essayer de préserver une bonne cohabitation entre toutes les activités en mer;
- de faciliter le contrôle (contrôle *a priori* par l'autorisation d'implantation et la délivrance de licences aux pêcheurs) et le suivi du développement (recueil et exploitation de données statistiques sur les productions) de sorte que l'accroissement éventuel de la densité des implantations ne crée ni gêne ni diminution des quantités produites;
- d'accompagner financièrement le démarrage des DCP jusqu'à ce que les pêcheurs adoptent et maîtrisent la technique et ses contraintes (saisonnalité, marché, construction, réparation, entretien, etc.) et prennent en charge eux-mêmes ces nouveaux outils.

Sur ces bases, le cadre réglementaire mis en œuvre repose sur deux régimes administratifs « emboîtés » et complémentaires : un régime concerne l'implantation des DCP et un autre régime se préoccupe de l'exploitation.

Réglementation des implantations de DCP

Compte tenu de l'implantation sur le fond de la mer (domaine public maritime) et de l'incidence sur la sécurité de la navigation là où les DCP peuvent constituer des obstacles, les autorisations d'implantation des DCP fixes sont accordées par l'État (préfet) après une procédure spéciale dite « de création d'établissements de pêche maritime¹³ ».

Schématiquement, une demande est formulée par le CRPMEM : cette demande est soumise, une procédure d'instruction conduite par les services des Affaires maritimes, qui comprend :

- la consultation des administrations concernées et des organismes scientifiques (Ifremer);
- la consultation des usagers dans les formes anciennes de l'enquête de *commodo et incommodo*;
- la consultation d'une commission spécialisée dite « commission régionale des établissements de pêche », associant les services de l'État, les scientifiques et les représentants professionnels;
- la consultation de la commission nautique locale sur les prescriptions en matière de balisage.

13. Décret du 21 décembre 1915 modifié portant règlement d'administration publique sur la concession des établissements de pêche et décret du 28 mars 1919 sur le même objet. Il convient de préciser que le décret n° 83-228 du 22 mars 1983 modifié, relatif aux autorisations d'exploitation de cultures marines, n'a pas été étendu à l'outre-mer qui demeure donc sous le régime juridique antérieur constitué par les décrets de 1915 et 1919.

À l'issue de l'instruction, le Préfet délivre la concession d'établissement de pêche qui est assortie d'un cahier des charges comprenant également le paiement d'une redevance domaniale.

Actuellement en Martinique, 15 DCP sont officiellement autorisés sous forme de concession d'établissements de pêche.

L'intérêt de la procédure est multiple :

- le mécanisme de l'autorisation préalable permet de gérer l'espace maritime par défaut (pas d'autorisation, pas d'implantation¹⁴);
- il s'agit en outre d'un régime de droit (un cahier des charges précise les droits et obligations du concessionnaire);
- enfin, la consultation des usagers de la mer dans le cadre des commissions nautiques locales permet de prescrire le balisage le plus adapté, ainsi le cas échéant, que les dispositions complémentaires que sont le report sur les cartes du service hydrographique et océanographique de la Marine (SHOM) et l'inscription dans les Instructions nautiques. Cette information minimale permet de limiter la responsabilité des concessionnaires de DCP en cas d'abordage en mer.

Réglementation de l'utilisation des DCP par les organisations professionnelles

Depuis la réforme des organisations professionnelles du secteur des pêches maritimes¹⁵, les comités régionaux des pêches maritimes disposent de pouvoirs pour réglementer l'activité professionnelle dans certains domaines ou/et certaines pêcheries (lieux, époques, caractéristiques des navires de pêches, fixation de quotas de pêche par navires, *numerus clausus* et délivrance de licences de pêche, etc.).

Les DCP collectifs concédés au CRPMEM de la Martinique font l'objet d'une réglementation par voie de délibération du conseil du comité régional approuvée par le préfet de région :

- qui instaure une zone réservée d'un rayon d'un mille marin autour de chaque DCP, où s'applique la réglementation édictée par les professionnels;
- et soumet la pêche à l'intérieur de ces zones réservées à la détention d'une licence (la licence d'exploitation est délivrée par le CRPMEM; aucun *numerus clausus* n'est actuellement fixé mais les licences sont réservées aux marins-pêcheurs professionnels);
- ainsi qu'à différentes mesures de police (ordre de présentation des navires sur le DCP, interdiction de s'amarrer sur de DCP, interdiction « à toute personne non autorisée de construire, de mouiller, d'exploiter les dispositifs de concentration de poissons », etc.).

14. Il faut rappeler que le décret du 9 janvier 1852, sur la pêche maritime, et modifié en dernier lieu par la loi-Pêche de novembre 1997, prévoit dans son article 6 que « sera puni d'une amende de 150000 F quiconque aura (...) -12° formé ou immergé sans autorisation une exploitation de cultures marines, un établissement permanent de capture ou une structure artificielle; ces établissements ou structures formés ou immergés sans autorisation seront détruits aux frais du condamné ».

15. Loi du 2 mai 1991 et décret n° 92-335 du 30 mars 1992 (article 22).

L'intérêt d'une telle gestion réside d'abord dans la faculté de contrôler l'accès aux DCP par la mise en œuvre d'un régime de licences de pêche (payantes, le cas échéant). Par ailleurs, le recueil des données statistiques peut être facilité par l'imposition d'un régime de licences (qui peut conditionner le renouvellement des autorisations individuelles par la fourniture de ces données, par exemple). En outre, le non-respect des dispositions entraîne des sanctions pénales puisque les délibérations du CRPMEM approuvées par arrêté préfectoral revêtent la même force que des arrêtés légalement faits.

Enfin, une gestion collective permet de « responsabiliser » les instances professionnelles de la pêche et de renforcer leur capacité d'initiative car le choix d'une maîtrise d'ouvrage publique pour les DCP est également motivé par la faculté de mobiliser des financements publics.

Financement des DCP en Martinique

De façon conjoncturelle (la réglementation européenne¹⁶ peut en effet évoluer vers plus de restriction), le financement des DCP en Martinique est totalement public, eu égard au caractère collectif de la démarche et au caractère public du CRPMEM.

Bien que les recherches et les applications datent déjà d'une dizaine d'années, le programme de financement des DCP en Martinique est relativement récent, mais est conçu pour être fortement soutenu en phase de démarrage. À cette fin, il est proposé au prochain Document unique de programmation (DOCUP 2000-2006) qui précise le cadre d'intervention de l'Union européenne, de l'État et des collectivités locales en Martinique.

Le programme actuellement développé prévoit l'installation d'un parc de 30 DCP autour de la Martinique pour un montant de deux millions de francs (304 000 euros).

Ce programme est composé de plusieurs volets :

- un volet « investissements matériels » qui se rapporte à l'achat, au montage et à la pose des dispositifs ;
- un volet « entretien/maintenance » traité comme de l'investissement, qui concerne l'entretien et le renouvellement des DCP ;
- un volet « suivi scientifique et technique » de la pêcherie qui comprend la délivrance des licences, le recueil et l'exploitation des déclarations de captures.

L'approche publique demeure prudente : si le système des DCP fonctionne au regard des objectifs assignés (en particulier du point de vue micro-économique : diminuer les coûts d'exploitation ; augmenter la production ; augmenter les revenus), un autofinancement progressif pourra être dégagé et collecté par le CRPMEM sous diverses formes (ventes de licences, cotisations professionnelles obligatoires ou volontaires). Cet autofinancement sera affecté en priorité aux frais qui ne

16. Règlement européen n° 3699/93 du Conseil du 20 décembre 1993, remplacé par le règlement n° 2468/98 du Conseil du 3 novembre 1998.

peuvent être subventionnés dans l'état actuel des règlements nationaux et européens (frais de fonctionnement liés au suivi scientifique et technique, par exemple), puis à l'amortissement, à l'entretien et au remplacement des DCP collectifs. Les aides publiques sont justifiées par les retombées positives attendues pour la Martinique en termes de réduction de l'écart entre production et consommation locales, de création nette de richesse, de création d'emplois stables et de réduction de l'effort de pêche dans la bande côtière.

Si le système échoue et que les pêcheurs ne peuvent, faute de revenus ou faute de volonté ou d'implication dans la gestion des DCP, autofinancer leur système pour le faire durer, les aides publiques seront sans doute arrêtées avec le risque de rapatrier en zone côtière et sur les espèces démersales, les pêcheurs attirés au large par les DCP collectifs.

En d'autres termes, hormis la phase pluri-annuelle d'aide au démarrage, le financement public n'est pas en soi un facteur de pérennité. Une des clés du succès des dispositifs de concentration de poissons est sans doute que les pêcheurs s'en rendent maîtres, les assimilent à leurs propres outils de travail et dégagent ainsi les moyens autonomes, donc durables, de financement de leur entretien et de leur suivi technique.

Pêche artisanale sur DCP et pêche palangrière à la Réunion : antagonisme ou complémentarité ?

Emmanuel Tessier⁽¹⁾, François Poisson⁽²⁾

(1) Comité régional des pêches maritimes et des élevages marins,
28 rue du Maréchal Galliéni, 97420 Le Port Cedex, Réunion - etessier@oceanes.fr

(2) Ifremer, délégation de la Réunion, rue Jean Bertho, BP 60, 97822 Le Port Cedex, Réunion

Abstract

More than ten years after its launching, an evaluation of the results of the FADs programme carried on in Réunion Island has been made. Its implementation and its impact on artisanal fishery in Réunion Island have been analysed. This analysis demonstrates that, following a continuously ascending phase, the production of fish caught on FADs has reached a plateau.

Parallel to the FAD-associated fishery, the longline fishery has developed since 1991. This type of fishery includes production units whose operating zone is bordering the FAD installation area. Analysing the evolution of the small longliner sector is based on general activity indicators (number of ships, production, fish selling prices).

Besides, a synthesis of the interactions between those two types of fisheries, whether in terms of exploited resources, space conflicts, fishing population or market, has been effected. Judging from the complementary and antagonistic natures of the two fisheries identified above and given their evolution, the future of the FADs programme is pending. Have the FADs just been a step in the evolution of the Réunion fishing system or have they modified it on a long-term basis?

Introduction

L'île de la Réunion, département d'outre-mer français dans l'océan Indien, est aussi une des sept régions ultrapériphériques de l'Union européenne. Elle est située dans la zone intertropicale à 55°E et 21°S. Sa zone économique exclusive (ZEE) de 318 000 km² est la seule ZEE européenne de l'océan Indien.

Depuis 1950, les grands thonidés tropicaux de la zone du sud-ouest de l'océan Indien sont exploités par des flottilles de palangriers asiatiques (Japon, Chine, Corée) et, depuis 1984, par des senneurs européens (France, Espagne). L'exploitation tardive de cet océan fait qu'actuellement les stocks de thonidés tropicaux sont considérés comme non encore sur-exploités même si des soupçons apparaissent pour certaines espèces (*Thunnus obesus* : thon obèse notamment ; Anon., 1998).

À l'inverse de la situation en Europe, la Réunion est actuellement le seul département français dont la pêche a connu, depuis cinq ans, une croissance importante et ceci aussi bien pour la pêche artisanale associée aux DCP, pour la pêche semi-industrielle palangrière que pour la pêche industrielle dans les terres australes.

Deux événements capitaux contribuent au développement rapide de la pêche thonière et donnent à la Réunion, l'accès à ses ressources pélagiques.

L'implantation en 1988 des premiers DCP par l'Ifremer engendre un véritable bouleversement au sein de la pêcherie artisanale et relance un secteur en perte de vitesse depuis 1980.

En 1991, au vu du succès des palangriers asiatiques débarquant à la Réunion, un armement local équipe son bateau de 12 m d'une palangre semi-automatique et procède à des essais qui se révèlent prometteurs. Quelques mois plus tard, l'incitation à l'investissement par des défiscalisations et l'arrivée de pêcheurs métropolitains poussés par la crise de la pêche en Europe suscitent des vocations dans le secteur. C'est l'émergence d'une flottille ciblant l'espadon (*Xiphias gladius*) destiné principalement aux marchés américains et européens approvisionnés par fret aérien.

Mais aujourd'hui, après dix ans d'existence, on est en droit de se demander si les objectifs du programme DCP ont bien été atteints. L'émergence d'une nouvelle pêcherie a-t-elle perturbé ce développement ? Quelles sont les sources de conflits actuels et potentiels ? Peut-on concevoir la pérennité de ces deux pêcheries ?

Dans cette étude, nous présentons chronologiquement les différentes phases qui ont marqué le secteur de la pêche thonière réunionnaise entre 1988 et 1998 puis nous essaierons de mettre en évidence les interactions entre ces deux pêcheries en terme d'espace, de ressource et de marché.

Mise en place et développement des deux pêcheries

Source et fiabilité des données

Des travaux ont mis en évidence le manque de précision du système déclaratif officiel des captures par les professionnels de la pêche artisanale et, notamment, pour la pêche sur DCP (Tessier, 1995 ; Tessier & Poisson, 1997). Cependant, des études antérieures ont montré par des enquêtes au débarquement que les volumes globaux des apports, la répartition par espèce ou catégorie d'espèce du système officiel restaient cohérents (Biais & Taquet, 1992). Ces données ainsi que le suivi de l'évolution des flottilles ont donc servi de base à cette étude. Pour des descripteurs plus précis (rendements journaliers, charges d'exploitation, évolution des techniques, suivi de la ressource), il a été fait référence à des travaux complémentaires (Ah-Nième, 1997 ; Biais & Taquet, 1992 ; Detolle *et al.*, 1996 ; Poisson & Tessier, 1997 ; Tessier & Poisson, 1997).

Implantation et effets des DCP

Les premiers DCP ont été installés par l'Ifremer en 1988. Ce programme a été financé jusqu'en 1991 par l'administration française. Le modèle de DCP utilisé s'inspire de celui utilisé à l'île Maurice dans des conditions hydrologiques très proches de celles de la Réunion. En juillet 1989, le programme est confié à l'école d'apprentissage maritime dans les locaux de laquelle les pêcheurs viennent bénévolement fabriquer les DCP. La pose est assurée par le navire de l'école. Les premiers DCP sont posés à 5 milles de la côte pour être accessibles à toutes les embarcations.

Le but initial du programme peut se résumer en deux points :

- relancer la pêche artisanale qui s'essouffle après un doublement du parc des embarcations entre 1972 (360) et 1980 (779) (Biais & Taquet, 1992);

- professionnaliser une activité dont plus de 50 % des débarquements sont assurés par des pêcheurs non professionnels (Biais & Taquet, 1992). L'objectif spécifique est plus de diminuer les coûts d'exploitation (carburant) par réduction du temps de recherche que d'augmenter sensiblement les rendements (Biais & Taquet, 1990). La flottille de la pêche artisanale, totalement motorisée, est composée de deux types d'embarcations, les barques¹ et les vedettes². Les pêcheurs ont un statut de professionnels s'ils sont enrôlés sinon, ils sont considérés comme plaisanciers.

En 1989, le marché réunionnais des produits de la mer est de 7 000 t, soit une consommation apparente annuelle faible voisine de 11 kg par habitant (moyenne nationale de 22 kg par an). Ce marché est alimenté à hauteur de 2000 t par la production locale. Les circuits de distribution sont courts et peu structurés et le poisson est principalement commercialisé par les « accapareurs »³.

Un des impacts majeurs qui peut être attribué aux DCP est l'apparition d'un nouveau métier, « la pêche sur DCP », favorisant une plus grande différenciation entre plaisance et petite pêche professionnelle et une progression des inscrits maritimes dont le nombre est passé de 392 en 1987 à 435 en 1994. De même, la flottille augmente, le nombre de vedettes a progressé de 17 unités en 1987 à 57 en 1994 (+220 %) et celui des barques de 162 à 190. La production de la pêche artisanale passe de 331 t en 1987 à 937 t en 1994 avec une proportion de grands poissons pélagiques passant de 50 % à plus de 80 % des prises déclarées (fig. 1).

On observe par ailleurs une diversification rapide des techniques de pêche (dérive, palangre verticale, pêche à l'appât vivant)⁴, contrairement à d'autres expériences menées au Vanuatu et aux Comores où la traîne demeure la technique dominante (Cillauren, 1988; Rey-Valette, 1998).

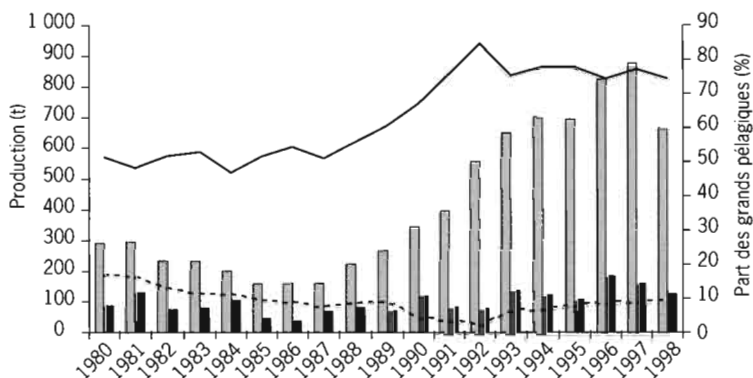
1. Embarcations non pontées de 5,5 à 6 m équipées de moteurs hors-bord.

2. Embarcations pontées ou semi-pontées de plus de 2 tonnes, équipées de moteurs in-board.

3. Accapareur : premier acheteur ayant fonction de mareyeur, mais aussi parfois d'armateur ou de financier auprès des pêcheurs.

4. Voir à ce sujet, « Techniques de pêche sur DCP à la Réunion ». Roos et al., 2000.

Figure 1
Évolution de la production en tonnes de poissons de fond (courbe discontinue), petits poissons pélagiques (histogramme noir) et grands poissons pélagiques (histogramme gris) de la pêche artisanale réunionnaise et évolution de la part des grands poissons pélagiques en pourcentage (courbe continue, axe des ordonnées de droite) de la production totale (source : direction départementale des Affaires maritimes).



Enfin, on enregistre le redressement du niveau des captures des professionnels après plus de 15 ans de régression. Les augmentations de la flottille et de l'activité amènent les pêcheurs à accroître significativement le parc de DCP, de 10 en 1989 à 25 en 1993. L'objectif est de répartir spatialement l'effort de pêche en deux couronnes, une à 5 milles destinée aux barques et une à 8-12 milles destinée aux vedettes. Cet objectif est sous-tendu par la réglementation française qui distingue différentes catégories de navigation en fonction des caractéristiques des navires (longueur, structure, équipements de sécurité). Généralement, les barques sont autorisées à naviguer jusqu'à 5 milles de leur port d'attache alors que certaines vedettes peuvent s'en éloigner jusqu'à 20 milles.

En 1991, devant l'augmentation des captures, des actions de structuration de la commercialisation et de la profession sont menées par l'Administration. Elles autorisent la création de groupements d'intérêt économique (GIE) permettant la mise en commun de matériel (bâtiment de stockage, machine à glace) et le développement des infrastructures portuaires.

La période comprise entre 1989 et 1993 est considérée comme « l'âge d'or des DCP », les prises sont abondantes et les prix de vente encore élevés. L'activité est attractive et assure des revenus confortables.

Bien que, pour les barques les DCP n'aient pas eu un impact important, ils ont permis, pour les vedettes ciblant les grands poissons pélagiques (Detolle *et al.*, 1996) :

- une augmentation sensible des rendements de 50 kg j^{-1} à 85 kg j^{-1} ;
- une baisse de la consommation en carburant (environ 30 %) et une augmentation du temps effectif de pêche par sortie journalière (de 2 à 5 h j^{-1}) ;
- une augmentation de 157 % de l'excédent brut d'exploitation. Le nombre de vedettes a ainsi notablement augmenté (de 17 en 1987 à 57 en 1994) malgré leur coût élevé (en moyenne 400 000 francs contre moins de 100 000 francs pour une barque) ;

- une diminution du prix moyen de vente du poisson au kilogramme par le producteur, de 28,5 F en 1987 à 22,4 F en 1994, pour les grands poissons pélagiques (baisse de 21,4 %).

De 1993 à 1998, le nombre de sites d'implantation des DCP passe de 25 à 32 (nombre maximal de DCP que le budget alloué permet d'entretenir). Les efforts d'entretien et de renouvellement financés par l'Administration garantissent la pérennité du parc. La production de la pêche artisanale atteint 950 t en 1998 après un maximum de 1 100 t en 1997 (fig. 1).

Structuration de la petite pêche et montée en puissance de la pêcherie palangrière

Appropriation progressive des DCP par les professionnels

La mise en place des DCP va modifier les habitudes des pêcheurs tant au niveau individuel que collectivement pour l'organisation professionnelle. Ainsi, attirés par les DCP qui procurent de meilleurs rendements que la pêche des poissons de fond, les pêcheurs dépassent de plus en plus les limites de navigation permises. En 1995, l'Administration est sollicitée pour l'obtention de dérogations afin de permettre aux navires semi-pontés de naviguer jusqu'à 10 ou 15 milles de leur port et jusqu'à 20 milles pour les embarcations pontées.

Le comité régional des pêches maritimes et des élevages marins (CRPMEM) gère le parc des DCP depuis 1995 et se voit conforté dans son rôle par l'Administration qui lui assure la responsabilité du programme et l'autorise à placer, dans la limite des eaux territoriales (12 milles), moins de cinquante DCP. Le budget annuel de 400 000 francs est assuré par le conseil général (collectivité locale). Le lieu de pose des DCP, le programme d'entretien et de pose sont décidés par le CRPM et les conditions d'accès sont définies par l'Administration en concertation avec les professionnels. Dans le même temps, l'accès des DCP aux pêcheurs plaisanciers est limité à la semaine ; la pêche sous-marine y est désormais interdite dans un rayon d'un demi-mille.

Enfin, en 1993, après des élections paritaires, le CRPMEM est affilié au comité national des pêches maritimes et des élevages marins (CNPMM) qui garantit aux pêcheurs une représentation non seulement auprès du gouvernement mais aussi des instances européennes.

Émergence de la pêche palangrière

La pêche palangrière va se développer à partir de 1993, avec une première phase plus expérimentale entre 1993 et 1996. Durant cette première phase, la palangre dérivante horizontale sera pratiquée par un navire de douze mètres équipé par un armement local, suivi de quatre unités de seize mètres provenant d'une opération de défiscalisation. On assiste ensuite à une phase de croissance rapide qui se traduit par :

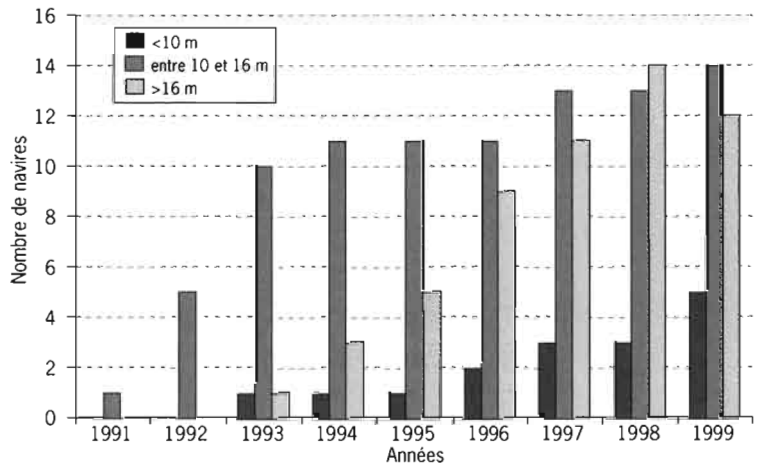
- l'arrivée d'unités de plus de 16 m dans la flottille, annonçant le début de la phase d'exploration de nouvelles zones de pêche (fig. 2). Cette tendance se poursuit les années suivantes avec l'entrée en flotte de cinq

catamarans de nouvelle génération et de trois monocoques de trente mètres reconvertis à cette activité ;

- l'implication progressive de la composante artisanale dans cette activité.

Les collectivités locales décident de financer, à hauteur de 60 %, 3 palangriers de moins de 12 m qui sont confiés à des pêcheurs expérimentés en petite pêche. Une de ces unités est construite dans un chantier local, les deux autres en métropole mais en partenariat avec des entreprises réunionnaises. D'autres armements locaux apparaissent à partir de 1995, ceux existants s'agrandissent. La croissance rapide de ces petites exploitations s'explique en grande partie par un transfert du savoir-faire des patrons présents sur la zone depuis le début de cette pêcherie. Dans un premier temps, ces petites structures préfèrent louer des bateaux (immobilisés au port) à l'un des armements majeurs, ce qui peut traduire pour les uns la volonté de s'imposer sur le marché encore « libre » en augmentant leur production tout en palliant le délai de construction de nouvelles unités. Pour les autres, cette solution leur permet de tester immédiatement la rentabilité d'une telle opération en repoussant les contraintes d'investissement.

Figure 2
Évolution du nombre d'unités
des trois secteurs
de la flottille palangrière
entre 1991 et 1999
(source : Ifremer).



La flottille palangrière est composée de trois catégories de navires définies en fonction de leur taille :

- les palangriers d'une longueur inférieure à 10 m, opérant entre 12 et 20 milles des côtes, inscrits en petite pêche côtière pour des sorties de 24 h ;
- les bateaux d'une taille comprise entre 10 et 16 m possédant des capacités de stockage plus importantes pour des marées de 4 jours ;
- les navires qui, compte tenu des moyens de congélation et de traitements à bord, peuvent exploiter des zones plus éloignées de leur base.

L'augmentation régulière du premier secteur depuis 1995 traduit le report d'activité vers cette technique des pêcheurs issus de la pêche artisanale. Les deux dernières composantes vont se développer à un

rythme accéléré à partir de 1993 et 1995. Ce développement est accompagné par des actions menées par les organismes locaux de recherche qui ont contribué à l'essor rapide de cette pêcherie (diffusion de cartes satellitaires de température de surface et de résultats des analyses de carnets de pêche).

En 1996, la flottille est donc constituée à 70 % de navires de moins de trois ans, spécialement adaptés à cette technique de pêche. Les plus grands sont équipés en matériel électronique performant (logiciel d'assistance à la pêche, liaison Inmarsat pour contacts permanents avec leur base et réception de données satellitaires).

Interactions entre la pêche palangrière et la pêche sur DCP

Le processus de développement de la flottille de pêche artisanale et celui de la pêche palangrière présentent bien des points communs. Dans un premier temps, pratiquées par des pêcheurs professionnels locaux, les deux activités, par leur attractivité, ont attiré de nombreux intervenants extérieurs (pêcheurs métropolitains, autre origine socio-professionnelle). La multiplicité des logiques d'exploitation, des capacités d'investissement et des types d'embarcations disponibles ont abouti à un continuum entre les barques et les petits palangriers, multipliant ainsi les risques de confrontation palangre-DCP, plaisanciers-professionnels qui ont abouti à une partition de l'espace marin. Le fort désir d'appropriation des DCP exprimé par les pêcheurs artisans a amené l'Administration à régler l'accès des DCP aux plaisanciers puis aux palangriers.

Les interactions entre pêcheries artisanales et industrielles sont des phénomènes répandus (Chaboud, 1992; Fonteneau, 1997; McGoodwin, 1995) qui sont très présents dans la définition des grands principes de gestion de la ressource (principe de précaution, pêche responsable) défendus par les instances internationales (FAO, UE). Dans le cas présent, nous avons choisi d'étudier ces interactions à trois niveaux : espace, ressource et marché⁵.

Espace

Devant l'émergence de la palangre, dès 1995 sous la pression des professionnels, cette technique est interdite à l'intérieur des 30 milles. Cette mesure vise à prévenir tout risque de conflit entre les deux flottilles. Cependant, en décembre 1996⁶, cette limite est ramenée à la limite des eaux territoriales (12 milles) car, au-delà des eaux territoriales, la gestion de l'espace est sous juridiction européenne et la réglementation française y était donc caduque.

5. On pourrait penser que la concurrence entre les deux pêcheries pourrait aussi apparaître dans l'accès aux fonds publics, sur lesquels leurs développements s'appuient fortement. En fait, la Réunion étant une région en retard de développement de l'Union européenne (UE), elle bénéficie d'un volume et d'un taux d'aide supérieurs aux autres régions de l'UE. Cet aspect conjugué à des objectifs à la hausse du programme opérationnel des pêches n° 4 pour les segments de la Réunion ont permis d'éviter le phénomène d'éviction.

6. Décision du 16 décembre 1996.

Depuis 1996 se développe une flottille de palangriers de moins de 12 m dont la seule zone de travail possible est comprise entre 12 et 20 milles des côtes. L'augmentation du nombre de palangriers de petite taille (faible rayon d'action) et de forte pertinence économique (coût d'investissement réduit, création d'emplois) peut remettre en cause l'existence même des DCP (fig. 3).

Cette situation entraîne une augmentation importante des accrochages de palangres dans les DCP (3 en 1996, 10 en 1998) dont les conséquences peuvent être une destruction du DCP par l'augmentation de la traction et le cisaillement de la ligne de mouillage.

Cette situation conflictuelle a entraîné les protagonistes à négocier au cours de plusieurs réunions en essayant de mettre en place un « code de bonne conduite » visant à éviter des pertes trop importantes de DCP et les dégradations volontaires sur les palangres. Cette démarche est similaire à celle utilisée dans d'autres régions de France, afin de garantir les intérêts des différents métiers concernés. La solution repose soit sur une répartition spatiale des métiers, soit sur une meilleure communication dans l'exercice de la pêche (Anon., 1988). Mais actuellement, à la Réunion, la mise en application de cet accord bute sur deux points :

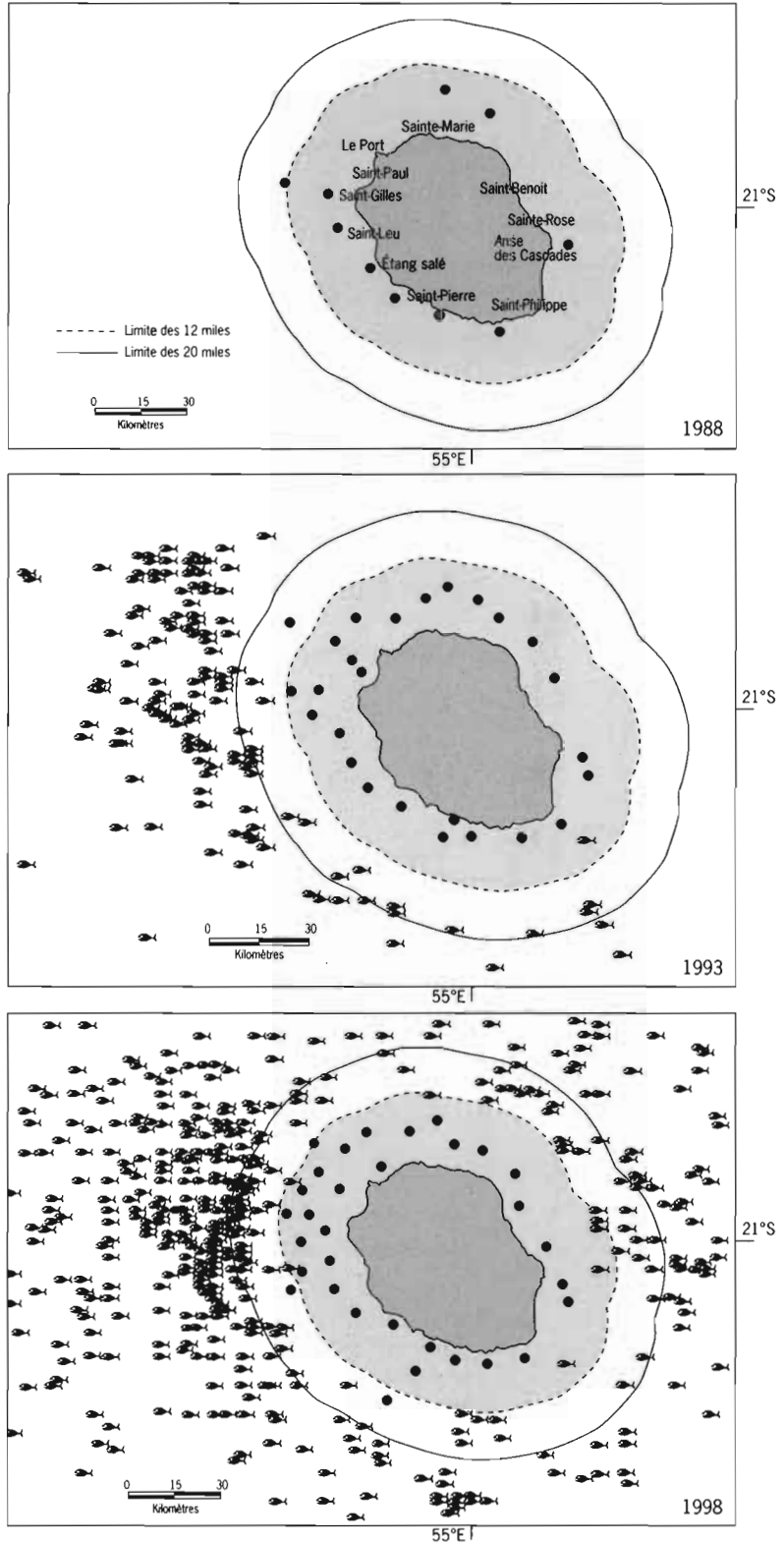
- une méconnaissance totale des courants dans la zone de pêche empêchant les palangriers de prévoir la dérive de leur ligne ;
- les navires de troisième catégorie mouillent des lignes de plus de 25 milles de long dans une zone de pêche qui leur est réglementairement accessible de 8 milles de large (12 à 20 milles des côtes).

De plus, les DCP occupent l'espace en permanence, ce qui exclut de fait toute solution d'alternance de pratique des métiers sur une même zone. Cette situation peut expliquer en partie l'augmentation des pertes totales de DCP (dues aux contraintes océanographiques, accrochages par des cargos...) qui passent de 10 par an en moyenne jusqu'en 1996 à plus de 20 en 1997 et 1998. Cette évolution remet en cause le programme DCP qui bénéficie d'un budget alloué par l'Administration de 400 000 francs par an. Le coût d'un DCP est de 19 000 francs par an. Le nombre de pertes de DCP dues aux palangres est estimé à 10 par an, soit un coût direct de 190 000 francs. Enfin, cette perte de DCP et le manque de budget pour les remplacer peuvent amener les pêcheurs artisans à se tourner vers les ressources démersales déjà surexploitées.

Ressource

Les deux techniques de pêche ont un ciblage et une sélectivité différents (source : Affaires maritimes). L'espadon, espèce cible de la flottille palangrière, représente 67 % des prises en poids des bateaux d'une longueur inférieure à 10 mètres. Les prises commerciales secondaires sont le thon germon (*Thunnus alalunga*) 16 %, le thon albacore (*Thunnus albacares*) 10 %, les marlins (genre *Makaira* et *Istiophorus*) 4 %, la dorade coryphène (*Coryphaena hippurus*) 2 %, et le thon obèse (*Thunnus obesus*) un pour cent.

Figure 3
 Évolution du parc des DCP (points gris) et de l'effort de pêche développé par la flottille palangrière (pictogrammes) en 1988 (haut), 1993 et 1998 (bas), autour de l'île de la Réunion (océan Indien). Les deux lignes concentriques indiquent les distances de 12 et 20 milles des côtes de l'île.
 (source : CRPEM et Ifremer).
 Les deux lignes concentriques indiquent les distances de 12 et 20 milles des côtes de l'île.



La répartition des prises effectuées aux abords des DCP est différente, l'albacore est de loin l'espèce la plus pêchée (60 %) suivi de la dorade coryphène (21 %), du thon germon (8 %), des marlins (6 %) et 5 % pour les autres espèces (en particulier les requins de la famille des carcharhinidés). L'analyse des captures en fonction des saisons (captures agrégées par mois sur la période 1992 à 1998) des deux pêcheries (embarcations artisanales et petits palangriers opérant à proximité de l'île) montre que :

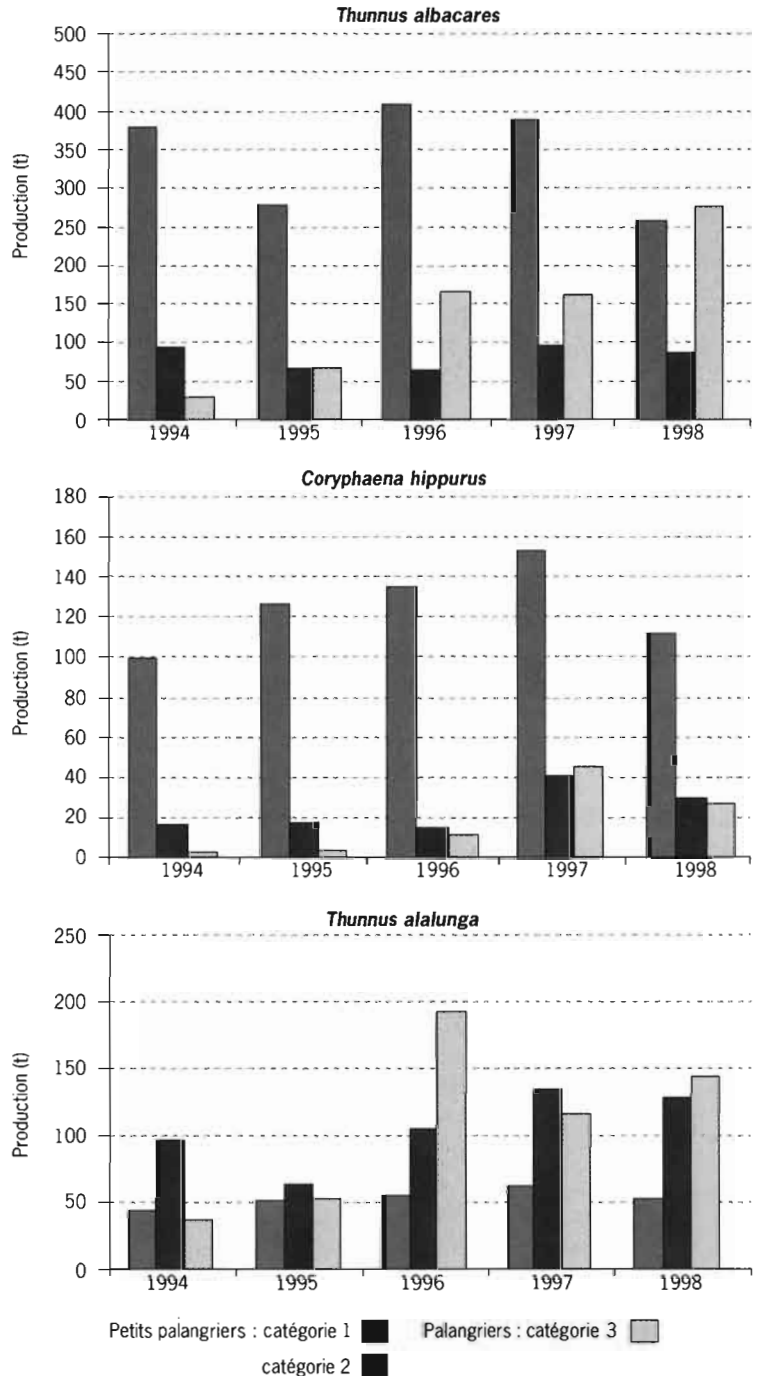
- pour l'albacore, et pour les deux pêcheries, les captures les plus importantes sont observées au mois d'avril. De même, l'étude des poids moyens au cours d'une année met en évidence des variations suivant les saisons. Par exemple, alors que des albacore de faible poids (5 kg) sont capturés toute l'année, les individus de plus de 10 kg sont moins accessibles pendant l'hiver austral ;
- pour la dorade coryphène, deux pics de production apparaissent aux intersaisons, soit en avril-mai et en octobre-novembre. Le premier, correspondant à la capture d'individus juvéniles d'un poids moyen de 4 kg, n'est observé que pour la pêche sur DCP. En revanche, le second, dû à la capture d'individus adultes d'un poids moyen de 10 kg, apparaît dans les deux pêcheries (Tessier & Poisson, 1997) ;
- l'effet de saisonnalité est fortement marqué pour le germon et les marlins qui sont moins abondants durant l'hiver austral dans les deux pêcheries ;
- l'espadon, capturé uniquement par la pêche palangrière, est lui aussi pêché de façon importante pendant l'été austral.

Ces résultats ne permettent pas de tirer des conclusions sur les impacts des deux pêcheries sur la ressource. Les interactions sont à rechercher à l'échelle océanique entre les différentes pêcheries capturant une espèce à différents stades de sa vie. Ces interactions à échelle océanique, mal perçues par le passé, sont de plus en plus présentes dans l'esprit des pêcheurs réunionnais qui les expriment dans leurs choix pour l'avenir en s'interrogeant sur la pérennité de la ressource.

Cependant, comme le souligne Fonteneau (1997), ces études d'interactions sont très complexes et lourdes à réaliser. Elles incluent de manière incontournable la collecte et l'analyse de données statistiques de pêche nécessairement fines et de qualité. La gestion des DCP doit s'appuyer sur un suivi halieutique des prises tant en volume qu'en matière de composition spécifique (par souci de protection de la biodiversité), ce qui est loin d'être le cas à la Réunion où peu de pêcheurs professionnels acceptent encore de divulguer leurs informations. La montée récente des pressions écologiques et socioculturelles dans le milieu de la pêche contribue à entraîner une exploitation plus responsable. Ce changement dans les mentalités des professionnels de la pêche ne s'établira qu'au prix d'un effort accru de communication des scientifiques vers les marins. Cillauren & David (1999) insistent sur l'intégration des pêcheurs dans la collecte des informations et dans la restitution des résultats. Cette démarche est aussi celle suivie par l'Ifremer de la Réunion (Poisson & Mardhel, 1999).

Si le développement des deux pêcheries s'est fait indépendamment dans les premières années, en revanche, les chiffres de production à partir de 1996 traduisent le début d'une compétition (fig. 4). Ceci est vérifié en premier lieu, pour le germon dont les captures de la palangre sont, dès 1996, six fois plus importantes que celles de la pêche artisanale.

Figure 4
Évolution de la production annuelle de 1994 à 1998 en dorade coryphène, thon albacore et thon germon exprimée en tonnes de poids vif pour la pêche artisanale, les petits palangriers (regroupant les palangriers des catégories 1 et 2) et les palangriers de la catégorie 3 (source : direction départementale des Affaires maritimes).



La dorade coryphène reste majoritairement capturée par la pêche artisanale. En 1998, la production d'albacore de la pêche palangrière dépasse celle de la pêche artisanale dont c'est l'espèce principale.

Organisation et marché

Le marché local est étroit avec une demande traditionnellement tournée vers les poissons de fond dont les prix sont élevés. Le marché des produits de la mer est estimé, en 1995, à environ 9 000 t dont 5 000 t de produits frais. Les grands pélagiques (thons et espadon principalement) commercialisés en frais représentent 1 600 t distribuées à raison de 700 t dans les GMS (grandes et moyennes surfaces) et 900 t dans les autres circuits reconnus (Cofrepêche, 1996).

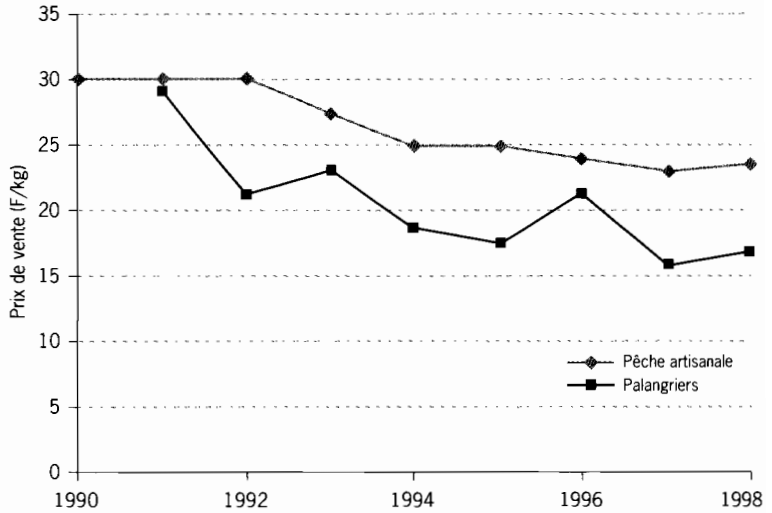
La pêche sur DCP va permettre un apport supplémentaire des grands poissons pélagiques, estimé à un minimum de 300 t en 1996 (Detolle *et al.*, 1996) et va modifier l'équilibre de ce marché, en particulier en accentuant la saisonnalité des apports. Compte tenu de l'étroitesse du marché local, cette situation va se traduire par une diminution du prix de vente des pélagiques qui passe de 30 F/kg en 1988 à 25 F/kg en 1995 (Cofrepêche, 1996), soit une diminution de 17 pour cent. Cette conséquence classique d'une augmentation des apports sur un marché étroit a déjà été décrite comme impact des DCP (Rey-Valette, 1998; Anderson & Gates, 1997).

Par ailleurs, des crises plus importantes interviennent en relation avec des pics de production (avril 1994, par exemple), situation qui a conduit le conseil général à mettre en place un système de soutien aux prix avec un prix minimum de 25 F/kg pour le thon albacore et 30 F/kg pour la dorade coryphène. Cependant, cette aide réservée aux seuls pêcheurs regroupés au sein des GIE est vite abandonnée car elle peut être considérée comme une entorse aux règles de la concurrence. Néanmoins, on note une progression de la consommation apparente de grands pélagiques à la Réunion qui passe de 1 600 t en 1994 à 2 500 t en 1998 (source : Ddam & Douanes).

L'impact de la flottille palangrière sur le marché était limité en 1993 du fait de débarquements réduits par rapport à la flottille présente. Des déficiences au niveau logistique (pénurie d'appâts, de matériel de pêche de base), conjuguées à un manque de marins qualifiés ainsi que des périodes estivales marquées par des passages fréquents de dépressions tropicales et cyclones peuvent expliquer ce phénomène (Poisson *et al.*, 1998). Par la suite, en 1995, le manque de structuration du marché local amène les armements palangriers à se positionner sur le marché à l'exportation en développant une stratégie d'intégration verticale qui conduit à la construction de trois usines de transformation. L'association d'un armement à une compagnie américaine accélère la professionnalisation par transfert de savoir-faire dans la manipulation et le traitement du poisson, et par des opérations d'exportation par avions-cargos.

Cependant, l'augmentation progressive des prises de thon par les palangriers induit une nouvelle baisse des prix moyens qui atteignent ainsi 15 à 18 F/kg pour des poissons vidés (fig. 5).

Figure 5
Évolution du prix moyen de l'albacore vendu par la pêche artisanale et par la pêche palangrière (source : direction départementale des Affaires maritimes).



Le volume des poissons pélagiques exportés passe de 391 t en 1994 à 746 t en 1998 avec un pic de 1 112 t en 1997. Cette même année 1997, une nouvelle stratégie est aussi développée par un armement vers le marché japonais du sashimi, mais elle est remise en cause en 1998 par la chute du yen, conduisant l'armement à se redéployer sur l'espadon. Cependant, ces nouveaux débouchés à l'exportation rencontrent plusieurs contraintes :

- une capacité en fret limitée au moment des plus forts apports (novembre-décembre) qui est aussi la période d'exportation d'autres produits frais (fruits tropicaux);
- un surcoût lié à l'éloignement rendant les produits réunionnais difficilement concurrentiels sur le marché de l'Union européenne.

Dans le cadre des négociations du Poseidom⁷ avec l'Union européenne, la Réunion est intégrée au dispositif d'aide à l'export qui concerne les régions ultrapériphériques de l'Europe. À ce titre, la Réunion obtient une aide de 1 000 euros par tonne pour 1 000 t de produit équivalent entier pour le thon et l'espadon exportés en frais, transformés ou non. Sur les 1 000 t, 200 t sont réservées à la pêche artisanale pour l'inciter à se structurer. En 1998, la part des navires travaillant sur DCP et qui touchent cette aide reste marginale. Cette aide va cependant consolider les exportations d'espadon qui passent de 350 t en 1994 à 650 t en 1998⁸.

Avec l'augmentation du marché intérieur (croissance démographique), l'orientation des entreprises intégrées vers l'exportation et une réduction notable des captures de thon en 1998, les problèmes de commercialisation ont diminué. Néanmoins, les perspectives structurelles du marché des produits de la mer qui conduit notamment au développement des

7. Programme d'orientation spécifique à l'éloignement et à l'insularité des départements d'outre-mer.

8. De plus, étant destinée uniquement aux bateaux immatriculés à la Réunion, cette aide va inciter des navires immatriculés à Mayotte à venir s'inscrire à la Réunion et permettre ainsi de créer 36 emplois embarqués et de consolider les 90 emplois de la filière export.

GMS sont plutôt favorables à un accroissement des parts de marché des palangriers pouvant proposer des ventes régulières de produits transformés. Cette évolution probable, visible dès 1996 (Anon., 1998b), assombrit les perspectives de la petite pêche, après l'euphorie des DCP, qui peut néanmoins garder une compétitivité commerciale par la mise en place d'une démarche qualité sur des segments particuliers des marchés local et touristique.

Conclusion

Il apparaît clairement que les objectifs initiaux du programme DCP ont été atteints et même dépassés car les coûts de production ont diminué, les rendements ont augmenté significativement ainsi que les quantités débarquées. La pêche artisanale a été relancée, le nombre de marins ayant augmenté de 20 % entre 1987 et 1997. Ce développement s'est accompagné d'efforts de structuration de la filière. Les DCP ont permis une responsabilisation des pêcheurs artisans qui assurent depuis 10 ans une gestion collective d'un outil commun. Cependant, ce processus n'est que partiel, le financement du programme étant encore assuré en totalité par des fonds publics.

La pêcherie palangrière a permis le développement d'une filière performante, régulatrice du marché local et positionnée sur un marché européen fortement demandeur. Ce développement a eu très rapidement des conséquences sur la pêche sur DCP, notamment en amenant une partie des pêcheurs exploitant les DCP à se tourner vers la pêche palangrière. Comme l'a signalé Ah-Nième (1997), il semble que la pêche sur DCP soit arrivée à un seuil. Le DCP devient la norme alors que la palangre dérivante devient l'innovation majeure. Ces deux techniques ont en commun leur relative nouveauté et leur appropriation rapide par les pêcheurs réunionnais. Ces deux innovations ont été le fait de pêcheurs « leaders » qui s'orientent maintenant vers une activité plus rémunératrice, la pêche australe de la légine (*Dissostichus eleginoides*).

Les problèmes soulevés par le développement des deux pêcheries pélagiques sont de plusieurs ordres : gestion de l'accès aux zones de pêche, partage de la rente, accès aux marchés. L'effort de pêche développé autour de la Réunion a amené à une situation conflictuelle en termes d'occupation de l'espace entre les deux pêcheries.

Si, dans un premier temps, le développement de structures de transformation a permis de réguler l'approvisionnement du marché local, l'augmentation de production amenée par la palangre a fait baisser le prix du poisson, notamment de l'albacore, principale espèce de la pêche artisanale.

La cohabitation future de ces deux activités nécessitera la mise en place d'un plan de gestion qui définira les modalités techniques (nombre de bateaux, engins de pêche) et réglementaires pour une occupation optimale de l'espace, la participation active des pêcheurs pour le suivi des captures et la définition de modalités d'accès au marché permettant pour la pêche artisanale sur DCP, une valorisation maximale des captures par une démarche de qualité.

Remerciements

Nos très sincères remerciements à Hélène Rey-Valette et Espérance Cillauren pour leurs conseils. Cependant, les auteurs assument totalement les erreurs et imprécisions qui pourraient subsister dans le texte.

Références bibliographiques

- Ah-Nième D., 1997. Approche anthropologique d'un processus d'innovation : pêche artisanale et dispositif de concentration de poissons à l'île de la Réunion. Rapport de stage Ifremer/Projet thonier régional II, 49 p.
- Anderson J., Gates P.D., 1997. Manuel de la commission du Pacifique Sud sur les dispositifs de concentration de poissons (DCP). I : Planification de programmes DCP. Doc. CPS, 46 p.
- Anon., 1988a. Manchette/Manchouest. Dossier cohabitation sur les mers, Comité régional des pêches et des cultures marines de Basse-Normandie. 24 p.
- Anon., 1998b. Rapport de la septième consultation d'experts sur les thonidés de l'océan Indien, Victoria, Mahé, Seychelles, novembre 1998. Commission des thons de l'océan Indien.
- Biais G., Taquet M., 1990. Dispositifs de concentration de poissons autour de la Réunion (océan Indien). Rapp. Intern. Ifremer, Drv/rh 90/05, 34 p.
- Biais G., Taquet M., 1992. La pêche locale aux abords de la Réunion. Éd. Ifremer, Repères Océan, 2, 78 p.
- Chaboud C., 1992. Les interactions et complémentarités entre pêche piroguière et industrielle en Afrique de l'Ouest. Quelques aspects théoriques et exemples. Séminaire régional sur les pêcheries artisanales en Afrique de l'Ouest. Méthodologie d'études, possibilités d'aménagement et de développement. Centre national de recherches océanographiques et des pêches de Mauritanie, Nouadhibou, avril 1992.
- Cofrepêche, 1996. Les marchés des produits de la pêche réunionnaise. Les grands pélagiques. Modernisation de la filière. Étude UE/Poseidom/CRPMEM de la Réunion, 143 p.
- Cillauren E., 1988. La pêche à la traîne autour des dispositifs de concentration de poissons mouillés au Vanuatu : un exemple dans le Pacifique Sud-Ouest. Notes Doc. Océanogr. Mission Orstom Port-Vila, 17, 201 p.
- Cillauren E., David G., 1999. Hétérogénéité spatiale du système pêche et structuration du système d'information pour gérer la ressource : l'exemple du Vanuatu, archipel océanien. Les espaces de l'halieutique. 4^e forum halieumétrique, Rennes, 29 juin-1^{er} juillet 1999.
- Detolle J.-P., Tessier E., René F., Roos D., Sacchi J., 1996. Étude en vue d'optimiser le coût et la longévité des dispositifs de concentration de poissons de l'île de la Réunion : approche technico-économique. Rapp. Intern. Ifremer Réunion, Dvr/rh 96/14, 73 p. + annexes.

- Fonteneau A., 1997. Les interactions entre pêcheries thonières. Quelques considérations globales. *In*: Le thon dans l'océan Indien : enjeux et stratégies. Cayré P. & Le Gall J.-Y. (eds). Colloq. Sémin. Inst. Fr. Rech. Sci. Dév. Coop. Orstom, 492, 387-398.
- McGoodwin J.M., 1995. Culturally-based conflicts in the use of living marine resources and suggestions for resolving or mitigating such conflicts. International conference on sustainable contribution of fisheries to food security. KC/FI/95/tech/9, Kioto, December 1995, 64 p.
- Piton B., Taquet M., 1992. Océanographie physique des parages de l'île de la Réunion (océan Indien). Doc. Sci., Orstom, Le Port, 39 p.
- Poisson F., Tessier E., 1997. Bilan sur les quatre années de suivi des pêcheries palangrières dans les ZEE françaises de l'océan Indien. Rapp. final Ifremer/PTR II-CAN Réunion, 70 p.
- Poisson F., Tessier E., Roos D., René F., Conand F., 1998. Recent development of swordfish, *Xipbias gladius*, longline fisheries near Réunion Island, Southwestern Indian Ocean. Biology and fisheries of swordfish, *Xipbias gladius*. Papers from the international symposium on Pacific swordfish, Enseñada, Mexico, December 1994. US Dep. Commer. NOAA/NMFS, Tech. Rep., 142, 276 p.
- Poisson F., Guyomard D., René F., 1998. Collection of statistical and biological information on Réunion Island swordfish fishery. Rapport de la 7^e consultation d'experts sur les thonidés de l'océan Indien. Victoria, Seychelles, novembre 1998.
- Poisson F., Mardhel V., 1999 Atlas interactif des pêcheries palangrières opérant dans les ZEE de l'océan Indien. Poster. Les espaces de l'halieutique. 4^e forum halieumétrique, Rennes, 29 juin-1^{er} juillet 1999.
- Poisson F., Tessier E., 1999. Data collection and statistics in Réunion Island, France, based tuna fisheries in the Indian Ocean. Indian Ocean tuna commission working party on data collection and statistics (DCSWP), 28 August-2 September 1999, Mahé, Seychelles.
- Rey-Valette H., 1998. Dispositifs de concentration de poissons (DCP) dans les pays de la Commission de l'océan Indien (COI) : innovation ou révolution dans les pratiques de pêche. *In*: Le thon dans l'océan Indien : enjeux et stratégies. Cayré P. & Le Gall J.-Y. (eds). Colloq. Sémin. Inst. Fr. Rech. Sci. Dév. Coop. Orstom, 492, 313-334.
- Tessier E., 1995. Élaboration d'un suivi des statistiques de pêche pour la Réunion. Ifremer Réunion, Doc. Ass. Thon/CAN Réunion, 27 p. + annexes.
- Tessier E., Poisson F., 1997. Bilan sur la mise en place d'un système de récolte de données sur la pêche artisanale sur DCP. Doc. Sci. Orstom, COI/PTR II, 34, 42 p.

La promotion des DCP à São Tomé et Príncipe : une expérience pédagogique pour l'adoption durable d'une innovation

Philippe de Verdilhac⁽¹⁾, Jean-Michel Maggiorani⁽²⁾, Pierre Debouvry⁽³⁾

(1) Cabinet Sépia, 13 av. de la Gare, 78181 Saint-Quentin-en-Yvelines Cedex, France
pdeverdilhac@compuserve.com

(2) Projecto Pesca Artesanal, CP 292, São Tomé, São Tomé e Príncipe

(3) 20 rue de l'Escoutadou, Les Collines d'Estanove, 34070 Montpellier, France

Abstract

A development programme for the promotion of FADs in São Tomé and Príncipe has implemented an original interactive approach by granting a predominant place to the initiative of the target group and its participation in decision making. The appropriation process of the innovative FADs by the beneficiaries takes place in three stages described herewith.

- the technical research phase. This consists of formally describing an idea in reply to an expressed or potential need. The envisaged FAD type is developed and tested by the project's agents in order to obtain a technically appropriate prototype.

- the research and adjustment phase. The FAD is given to a small number of people to be used in real-life conditions. Reaction surveys will enable its pertinence to be tested and its adaptation to normal conditions of use. This second phase results in the production of a technically and socio-economically appropriated FAD.

- the diffusion-perpetuation phase. This entails i) identification of the sequences of the various stages, ii) definition and grouping of contributions by the various parties, iii) production of educational auxiliaries, iv) initiating actions for user awareness and demonstration, v) staff training, vi) monitoring of the FAD "socialisation", vii) solving funding problems.

La pêche à São Tomé et Príncipe et son cadre socio-économique

Le contexte historique et géographique

La République démocratique de São Tomé et Príncipe est constituée de deux petites îles distantes de 300 km, situées au large du Gabon et totalisant 965 km² pour 135 000 habitants. L'archipel, découvert en 1471, est devenu indépendant en 1975 après une colonisation portugaise de cinq siècles durant laquelle le système cultural, fondé sur la mise en place de grandes plantations cacaoyères, les *rossas*, s'apparentait au modèle sucrier antillais crypto-esclavagiste. Ensuite est venue

l'expérience collectiviste jusqu'en 1986. Les pêcheurs, quant à eux, sont toujours restés en marge de ces dures contraintes, refusant toute forme imposée d'organisation et cultivant un individualisme prévalant encore de nos jours.

Le revenu moyen *per capita* est de 400 US\$ (200 US\$ pour les pêcheurs) et l'indice de développement humain est de 0,534 le plaçant à la 128^e position sur un total de 175 pays. La consommation de produits de la mer est de 30 kg/an/habitant et représente 80 % de l'apport en protéines animales.

La population se concentre à l'île São Tomé, alors que Príncipe ne compte que 6 000 habitants. Après une longue stagnation, la démographie est caractérisée par une croissance très rapide, et des perspectives de quasi doublement en 20 ans (117 000 habitants en 1991, 271 000 en 2011). On doit donc s'attendre à une forte hausse des besoins en produits de la mer.

La situation de la pêche

- L'île São Tomé, d'origine volcanique, développe un plateau continental de seulement 436 kilomètres carrés. Le potentiel halieutique est estimé à 3 000 t, partagé pour moitié entre ressources démersales et pélagiques. Malgré l'absence de diagnostic clairement établi, il y a une forte présomption pour que la pleine exploitation soit atteinte. La taille généralement très médiocre des captures démersales suggère même un certain niveau de surexploitation. La situation à Príncipe est différente : le plateau continental atteint 1 023 km² et la ressource halieutique, estimée à 9 000 t, peut encore supporter un effort de pêche additionnel. Cependant, en l'absence de débouché local et de moyen de transport adéquat entre les deux îles, la pêche demeure une activité de subsistance.
- La pêche était une occupation quasi spontanée jusqu'en 1982, date à laquelle elle a connu un développement rapide grâce à des initiatives extérieures. Le Fonds international pour le développement agricole (FIDA) a financé un projet de pêche artisanale à partir de 1981 où 420 moteurs hors-bord ont été livrés. Le Japon accordait en 1986 un don important d'équipements de pêche : 40 embarcations, 400 moteurs hors-bord et des filets en grand nombre. À la même époque, l'ONG Misereor livrait 270 moteurs hors-bord, et Caritas Toscana 300 moteurs. Au total, ce sont près de 1 400 moteurs qui ont été distribués à peu près gratuitement (acquisition à un prix d'environ 10 % de celui du marché, non-remboursement des crédits).
- Si on excepte les restes du don japonais, toutes les embarcations sont des pirogues monoxyles sans balancier de facture locale. En 1998, les 2 700 pêcheurs utilisaient 1 437 pirogues réparties comme suit :

Longueur	Pirogue à voile et à pagaie	Pirogue à moteur hors-bord
3 à 6 mètres	1 012	18
6 à 8 mètres	56	257
8 à 12 mètres	/	114

Les pirogues non motorisées pratiquent surtout la pêche à la palan-grotte. Les plus grandes, qui sont aussi les plus stables, peuvent également pêcher à la traîne. Quelques unités pratiquent la pêche au filet maillant de surface dérivant ou au filet fixe de fond.

Le métier de base des pirogues motorisées moyennes et petites est la pêche à la traîne et, accessoirement la pêche au filet dérivant. Quant aux unités de plus de 8 m, elles travaillent exclusivement au filet tournant.

- Exception faite pour les unités travaillant au filet tournant, l'achat d'un moteur hors-bord est un investissement à peu près irréalisable car les revenus tirés de la pêche ne le permettent pas. La conséquence est que la quasi-totalité des moteurs hors-bord équipant les petites unités de pêche sont âgés de plus de 10 ans. Malgré un remarquable savoir-faire en matière de réparation et de cannibalisation, la situation se dégrade de façon alarmante : entre le début et la fin de l'année 1999, 25 % des moteurs, jugés irréparables, ont définitivement été retirés de la circulation. Le même problème se pose d'ailleurs pour les filets dérivants qui, apparus à la suite de l'aide japonaise, risquent d'avoir eu une existence aussi anecdotique que celle-ci.

- L'unité territoriale en matière de pêche est la plage. Sa dénomination et sa fréquentation ne correspondent pas toujours strictement au village le plus proche. L'autorité s'exerce à travers la Capitainerie, organe central représenté à l'échelon local par des fonctionnaires « chefs de plage ». On ne connaît aucune autorité émanant des communautés de pêcheurs elles-mêmes pour jouer un rôle d'arbitrage ou de représentation. Il n'y a donc pas de structuration du corps socioprofessionnel des pêcheurs, qu'elle soit spontanée ou suscitée.

- L'accès à la ressource est entièrement libre et tout pêcheur peut exercer son activité où bon lui semble. On assiste à des migrations saisonnières de pêcheurs, sans la moindre réticence des communautés d'accueil.

Le projet de développement de la pêche artisanale

C'est dans ce contexte qu'a été initié en 1993 un projet de développement de la pêche artisanale, placé sous l'autorité du ministère en charge de la pêche, et financé par l'aide française. Dans un premier temps, il s'adressait uniquement à l'île São Tomé.

Le projet s'articulait autour de deux composantes principales complémentaires :

- L'amélioration de la navigation à voile, avec pour objectif de rendre moins indispensable l'utilisation du moteur. On savait en effet que la grande majorité des unités de pêche étaient ou seraient à brève échéance contraintes d'abandonner l'usage du moteur hors-bord ;

- La promotion des DCP, avec deux objectifs essentiels :

- rassembler les poissons pélagiques présents à la périphérie de l'île et ainsi faciliter leur capture. On en attendait une revalorisation de la pêche sans moteur et une diminution des frais d'exploitation pour les unités de pêche motorisées,

- fixer une partie des migrateurs de passage, ce qui permettrait d'augmenter le potentiel capturable en captant une ressource jusque-là inaccessible. Il faudrait pour cela implanter des DCP de grand fond. Il était clair qu'on ne pourrait pas, au terme du projet, compter sur la puissance publique pour assurer l'entretien et le renouvellement des DCP. Il ne s'agirait donc pas de promouvoir des infrastructures publiques mises gracieusement à la disposition des usagers, comme c'est le cas par exemple à l'île de la Réunion ou en Martinique. Il apparaissait, au contraire, que la seule possibilité de pérennisation de ce genre d'équipement résidait dans la responsabilisation des bénéficiaires eux-mêmes, c'est-à-dire les pêcheurs rassemblés en communautés d'utilisateurs. Cette stratégie traduisait manifestement une volonté de rupture avec les pratiques d'aides au secteur de la pêche en vigueur jusque-là à São Tomé et Príncipe.

Le personnel du projet comprenait cinq agents nationaux ayant une connaissance pratique des pêches maritimes et deux jeunes biologistes-halieutes français. Un appui en continu était assuré par le personnel d'un bureau d'étude basé en France. Aucune des personnes concernées ne pouvait se prévaloir de la moindre expertise autre que théorique ni d'acquisition récente en matière de fabrication ou d'utilisation des DCP.

Le processus d'adoption de l'innovation DCP

Il comprenait trois phases décrites ci-après.

La phase de recherche technique

Plusieurs types de DCP sont mis au point et testés par les agents du projet à proximité de la ville de São Tomé, avec consultation de quelques praticiens sélectionnés pour leur compétence et leur proximité géographique. Les communautés de pêcheurs des environs sont simplement tenues informées des essais. Il devait résulter de cette première phase, d'une part, la formation du personnel du projet et, d'autre part, l'obtention d'un prototype techniquement approprié.

Les agents du projet ont donc fait leur apprentissage avec, pour point de départ, les données de la littérature, abondante en la matière. Le phénomène de rassemblement des poissons a été constaté à São Tomé avec tous les types de flotteurs et de matériels attractifs essayés. Les premiers poissons capturés ont chaque fois été les coryphènes (*Coryphaena* sp.), suivis de toutes sortes de prédateurs pélagiques où domine la thonine (*Euthynnus alletteratus*), seule espèce exploitable se présentant par bancs. Une autre espèce importante est le voilier (*Istiophorus albicans*).

Le DCP à flotteur en bambous assemblés, jugé trop fragile, a vite été abandonné. On lui a préféré un flotteur très compact constitué de boules de chalut. Les autres éléments sont un lest en ciment, un orin de 10 mm de diamètre (polyamide pour la partie haute et polypropylène pour la partie basse), un attractif en cordage détressé et divers accessoires (rondelles de caoutchouc, manilles, émerillons, chaînes, ancrés). On a ainsi

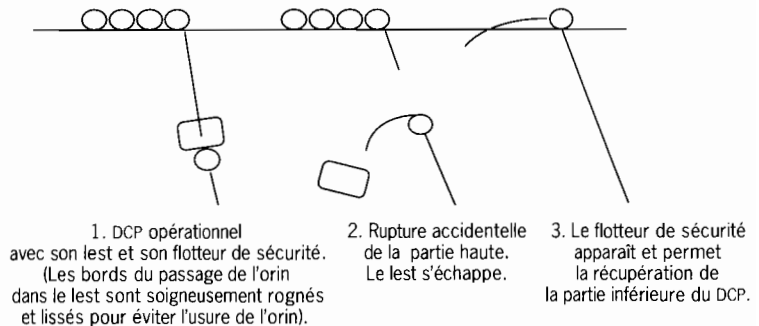
retenu un DCP très classique, intermédiaire entre le DCP indestructible et le DCP « jetable », avec une variante « petits fonds » et une variante « grands fonds ». L'analyse, avec les pêcheurs associés à cette recherche, des causes de disparition des DCP, a permis d'établir que l'engin était constitué de deux ensembles :

- une partie basse comprenant le lest et la quasi-totalité de l'orin. Cette partie basse est peu fragile. C'est aussi la plus coûteuse ;
- une partie haute comprenant le flotteur, l'attractif et le haut de l'orin. Cette partie haute est la plus vulnérable. Elle est soumise à l'usure (amplifiée par les salissures), au passage des hélices, à l'emmêlage avec les filets dérivants, voire aux sabotages.

On a donc imaginé un dispositif de sécurité intervenant en cas de rupture de l'orin à proximité de la surface (fig. 1). Ce dispositif de sécurité a déjà fonctionné sept fois en deux ans. On dispose alors d'un DCP comprenant une partie basse sécurisée et une partie haute renouvelable (et le plus souvent récupérable).

La phase de recherche technique, qui a duré environ trois ans, a donc débouché assez facilement sur un prototype considéré comme techniquement approprié.

Figure 1
Représentation schématique
du dispositif de sécurité
permettant de récupérer
l'essentiel du DCP après
perte de la partie haute.



La phase de recherche adaptative

Le modèle de DCP techniquement adapté est confié à un petit nombre d'utilisateurs de façon à être soumis à des conditions réelles d'utilisation. De nouveaux problèmes sont alors révélés et la mise au point devient interactive. Cette phase de recherche adaptative doit permettre d'obtenir un outil éprouvé techniquement et socio-économiquement. Au terme de cette phase, on a pu reconnaître l'intérêt réel du DCP proposé et faire le bilan des problèmes restant à résoudre par l'appréciation des aspects suivants.

L'utilité pour les pêcheurs du DCP proposé

Dans l'espoir de juger objectivement cette utilité, on a tenté de mettre en place un dispositif de statistiques de pêche qui permette de mesurer les performances des unités utilisant les DCP et, surtout, de comparer

leurs résultats avec celles des autres unités de pêche. Cette évaluation n'a malheureusement rien donné de vraiment satisfaisant car il aurait fallu mettre en place un plan d'échantillonnage stratifié très complexe et, finalement, hors de portée du personnel du projet ou des agents de l'Administration des pêches.

L'utilité des DCP n'a donc pu être quantifiée mais elle a tout de même pu être appréciée à travers trois constats : a) toutes les communautés de pêcheurs sans exception ont demandé à avoir un DCP, b) on a pu observer jusqu'à 40 pirogues pêchant autour du même DCP, c) une bonne partie des communautés de pêcheurs ont commencé à mettre en place un système de cotisation en vue du renouvellement du DCP.

On a constaté que, dans la plupart des cas, les pêcheurs n'utilisaient pas les DCP pour augmenter les captures mais pour écourter la prospection. Le premier objectif, les gains de temps et de carburant, était manifestement atteint. En revanche, on n'a jamais pu fixer les grands migrants de passage comme les thonidés majeurs. Il n'est d'ailleurs pas exclu que ce résultat soit dû à une déficience dans la recherche d'engins et de méthodes de pêche appropriés. On ignore si l'abondance des captures de voiliers résulte ou non d'un phénomène d'interception de populations migrantes.

La possibilité d'adapter le DCP proposé

Les transformations essentielles apportées par les utilisateurs au modèle de DCP d'origine, sont apparues au fur et à mesure de leur prise en charge par ces utilisateurs. Quand ceux-ci ont réalisé que le renouvellement des DCP serait finalement à leur charge, on a assisté à une grande simplification du modèle proposé et à la disparition des accessoires relativement chers et d'utilité discutable tels que chaînes, manilles, émerillons et cosses-cœurs. Par contre, on a vu apparaître un pavillon plus haut et plus visible, avec un réflecteur-radar fait de boîtes d'aluminium (dont l'efficacité reste à prouver), et la transformation plus ou moins complète du flotteur avec l'apparition de matériaux gratuits les plus divers : bouteilles, bidons récupérés, noix de coco, blocs de polystyrène, dans la plupart des cas d'ailleurs sans lendemain. Le dispositif de sécurité, lui, a été conservé en l'état, car ayant fait ses preuves.

Ces transformations démontrent l'adaptabilité du DCP prototype et mettent en évidence une préoccupation majeure des pêcheurs : la recherche du moindre coût. Le bien-fondé technico-économique de la remise en question du modèle proposé est évidemment très discutable. Elle est pourtant à coup sûr une phase indispensable dans l'appropriation du nouvel outil par les bénéficiaires.

La compatibilité du DCP avec les réalités locales

- *La compatibilité avec les techniques préexistantes.* L'emmêlement des grands filets dérivants dans les DCP démontre une certaine incompatibilité technique. Il en est de même des filets tournants cherchant à profiter des effets du DCP.

- *La compatibilité avec le niveau de technicité des utilisateurs.* Les pêcheurs de l'échantillon de villages retenus n'ont eu aucun problème à construire ou à entretenir leur DCP. Le seul geste qu'ils ne peuvent pas accomplir seuls est la mise à l'eau du lest. Cette opération est réalisée avec l'aide et sous le contrôle du personnel du projet.

- *La compatibilité avec les valeurs et les représentations de la communauté.* Il n'y a semble-t-il pas de contre-indication, à condition de laisser aux utilisateurs le choix des jours de fabrication et de mise à l'eau, de façon à ce que certaines croyances ne soient pas contrariées inutilement.

L'accessibilité du DCP à ses destinataires

- *L'accessibilité financière.* La simplification du DCP va certainement dans le sens d'une moindre longévité mais elle permet d'en abaisser le prix de revient de façon très nette. Ainsi, le coût de fabrication d'un DCP de 1 000 m est de l'ordre de 2 000 francs (300 à 350 \$US), correspondant au prix de 12 kg de poisson pour chaque membre d'une communauté de vingt utilisateurs. À titre de comparaison, un DCP de 1 000 m de première génération revenait à un peu plus de 10 000 francs.

- *La disponibilité des matériaux constituant le DCP.* Le modèle simplifié ne comprend que 3 matériaux spécifiques : les cordages polypropylène et polyamide de 10 mm de diamètre, et les boules de chalut de 4 litres. Le premier peut se trouver occasionnellement et en petites quantités dans le commerce local ; les deux autres sont introuvables.

La durabilité du DCP

- *La durabilité de l'effet.* On n'a jamais constaté de baisse autre que saisonnière des captures réalisées au niveau des DCP mis en place. Cette baisse périodique concerne l'ensemble des DCP opérationnels mais affecte aussi la totalité des pêches pélagiques. On ne constate donc aucune érosion du pouvoir attractif des DCP.

- *La durabilité de l'outil.* Au début, plusieurs DCP ont été l'objet de sabotages, la peur de l'innovation en tant que telle alimentant toute sorte de fantasmes. À présent, la durée d'existence du DCP dépend largement du soin apporté à l'entretien de la partie haute. Dans la grande majorité des cas, si le DCP ne disparaît pas dans les jours suivant la mise à l'eau par glissement du lest, il subsiste un an à un an et demi, parfois deux ans ou plus. Au 20 octobre 1999, les 20 DCP mis en place depuis octobre 1997 avaient une durée d'existence moyenne de 14 mois (fig. 2).

Les phases de recherche technique et de recherche adaptative ont duré au total à peu près trois ans. Au terme de ces deux phases et après avoir dressé le bilan des problèmes restant à résoudre, devait être prise la décision de poursuivre ou de renoncer à la diffusion de l'innovation DCP.

En l'occurrence, les résultats ont été jugés suffisamment encourageants pour prendre la décision de poursuivre le processus de promotion des DCP en passant à la phase de diffusion-pérennisation.

Localisation	Profondeur (mètres)	Oct 97	Nov 97	Déc 97	Jan 98	Fév 98	Mar 98	Avr 98	Mai 98	Jun 98	Jul 98	Août 98	Sep 98	Oct 98	Nov 98	Déc 98	Jan 99	Fév 99	Mar 99	Avr 99	Mai 99	Jun 99	Jul 99	Août 99	Sep 99	Oct 99	
COVA AGUA	150				▲								↘														
RIB. AFONSO	200			▲																							
SANTANA	1200	▲																									
MORO PEIXE	280													★													
MALANZA	100						▲											F									
NEVES BENGA	1300	▲		↘																							
NEVES AQUA	1200		▲																					↘			
BENGA 2	800						▲							★													
PESQUEIRA	60						▲					↘															
ANGOLARES	300	▲																									↘
PANTUFO 1	1000							▲		↘																	
PANTUFO 2	1000									▲									★		↘						
MICOLO	300	▲																									
NEVES ROSEMA	1200							▲																			★
STA. CATARINA	700	▲																	F								
MORO PEIXE 2	25							▲						↘													
LAGOA AZUL	400	▲																									
MELAO	750							▲																			↘
ROLAS	130									▲										F							
PRAIA 15	140												▲							★							
AGUA IZE	100													▲													

▲ Pose ★ Sauvegarde par le système de sécurité ↘ Disparition F Filet emmêlé

Figure 2
Durée de vie des DCP en
place depuis octobre 1997.

La phase de diffusion-pérennisation

Cette troisième phase devait déboucher sur un type de DCP durablement approprié par le groupe cible. Pour cela, il a fallu mettre en œuvre une pédagogie adéquate et trouver des solutions aux problèmes identifiés dans la phase précédente. La pérennisation supposait que tous les stades de la prise de décision et d'exécution du processus d'entretien et de renouvellement des DCP soient assumés à terme avec un minimum de participation du personnel du projet et, si possible, sans aucune participation.

Le transfert de responsabilité aux bénéficiaires

La formation des pêcheurs a été initiée en même temps que la participation exigée des bénéficiaires est allée en s'amplifiant : apprentissage de la construction, choix de l'emplacement, mise à l'eau, surveillance et nettoyage. La décision de mise en place ou de renouvellement d'un DCP se fait à la suite d'une démarche officielle des représentants de la communauté bénéficiaire. Quoique le savoir-faire technique requis ne nécessite pas un long apprentissage, l'entretien périodique des DCP a mis du temps pour devenir une habitude. Ce délai, très variable selon les plages, peut s'expliquer comme suit : au début, le DCP était perçu par les pêcheurs comme une commodité mise à leur disposition par une instance étrangère. Il a fallu que le statut du DCP évolue de fait vers celui d'un équipement productif en copropriété. Dans un milieu profondément individualiste, ceci représente une innovation sociale majeure, sans doute beaucoup plus novatrice et perturbante que l'utilisation du DCP comme outil de travail.

Un autre aspect du problème de la socialisation des DCP était celui du droit d'usage. Puisque l'accès à la pêche est libre, qui assumera l'entretien et le renouvellement d'un DCP donné? Les usagers de la plage la plus proche, qui offriraient alors l'utilisation de leur DCP aux visiteurs? L'ensemble des pêcheurs de l'île, en créant une structure de gestion centrale avec tous les inconvénients qu'on peut imaginer? Les pêcheurs ont d'emblée retenu la première solution. Cette absence de règles d'usage, qui apparaissait aux promoteurs du projet comme une source majeure de conflits potentiels, était en réalité un faux problème!

Le problème du financement

Il a donc été convenu que la responsabilité, y compris financière, des DCP s'organiserait plage par plage. Si faible soit-elle, la cotisation annuelle nécessaire au renouvellement d'un DCP (soit l'équivalent de quelques kilos de poisson) n'a pu d'emblée être rassemblée facilement. Une cotisation prévisionnelle, de même qu'une propriété collective, n'ont aucun antécédent dans l'univers des pêcheurs de São Tomé. De plus, l'image des projets passés gratifiant les pêcheurs de dons sans réelle contrepartie était bien présente dans tous les esprits et a certainement joué un rôle démobilisateur.

La promotion du mouvement associatif, quelle que soit sa finalité et son niveau de formalisation, se présentait sous des auspices peu favorables. Pourtant, il a bien fallu susciter, au niveau de chaque plage concernée, la création d'un « comité DCP » pour en assumer la gestion (collecte des fonds mais aussi organisation du travail de fabrication, d'entretien et de surveillance). Cet aspect a été conduit avec la plus grande prudence pour ne pas stériliser la créativité collective par l'imposition d'un modèle stéréotypé aussi insipide que complet (adoption de statuts, nomination d'un bureau, etc.). Il convenait de laisser aux communautés la plus grande latitude dans ce domaine; ultérieurement, par confrontation des solutions trouvées, pourra être conduite une réflexion visant à engager un processus de rationalisation et d'homogénéisation. En revanche, les relations entre le comité (ou ce qui en tient lieu) et le projet en tant que tel, ont été soigneusement formalisées dans le cadre de contrats écrits précisant les contributions et responsabilités des deux parties.

Face aux avis divergents des pêcheurs, les agents du projet se sont efforcés de ne jouer que le rôle de médiateur. En analysant avec les pêcheurs les problèmes rencontrés, en identifiant avec eux les alternatives possibles, ils ont joué un rôle de catalyseur. Des réunions intraplages puis interplages ont été organisées de façon à permettre la diffusion et la confrontation des expériences des uns et des autres. Une bande dessinée a été réalisée pour illustrer la gestion et l'utilisation de la cotisation.

Au terme d'une année d'action, 17 groupements ont été créés et 10 ont commencé à cotiser. La capitalisation atteint encore des niveaux peu significatifs mais ces premiers résultats, quoique très modestes, peuvent être considérés comme encourageants.

Le problème des approvisionnements en intrants

Le problème des approvisionnements en matériels et matériaux de pêche dépasse largement le cadre du projet et échappe au contrôle de celui-ci. Deux voies étaient envisageables : stimuler le commerce privé ou créer un magasin coopératif.

- À São Tomé, il y a longtemps que les commerçants privés ne vendent plus ni matériaux constitutifs des engins de pêche, ni moteurs hors-bord, ni pièces de rechange. Cette démobilitation ne peut s'expliquer que par les distributions pratiquement gratuites opérées dans le passé par certaines ONG caritatives et organismes d'aide bilatérale ou multilatérale.

- La solution coopérative, *a priori* plus plaisante car communautaire, a été retenue par les autorités nationales en charge de la pêche. Le système est encore loin d'avoir fait ses preuves et, à plus forte raison, d'avoir atteint l'autonomie et la pérennisation.

Les autres problèmes

- *L'emmêlage des filets dérivants et des filets tournants.* Désormais, les emplacements des DCP sont choisis par les utilisateurs eux-mêmes, en dehors des cheminements habituellement empruntés par les filets dérivants. De plus, les utilisateurs de filets dérivants connaissent désormais la localisation des DCP et savent les éviter. Il reste les problèmes des filets tournants pour lesquels un code de bonne conduite est en cours d'élaboration, de façon à pallier l'absence de jurisprudence en la matière. L'emmêlage des filets, problème majeur au début du projet, est désormais en phase de résorption.

- *La mise à l'eau des nouveaux DCP.* On a construit en deux exemplaires un radeau spécialement conçu pour cet usage. Le béton constituant le lest est coulé sur le radeau échoué sur la plage ; le radeau est ensuite remorqué jusqu'au point de mouillage par les pêcheurs. Un tel radeau peut être utilisé successivement par les communautés de pêcheurs de plusieurs plages.

Conclusion

- L'expérience de promotion des DCP à São Tomé, sous réserve que les acquis se confirment, aura montré que cette technique est accessible même aux communautés de pêcheurs les plus pauvres et les plus humbles du point de vue socioculturel. Certains chiffres clés illustrent cette réalité : une cotisation équivalant à 12 kg de poisson par pêcheur permet d'assurer en moyenne 14 mois d'utilisation d'un DCP de 1 000 m à 20 unités de pêche.

- L'innovation DCP, aussi pertinente soit-elle sur le plan technico-économique, n'est pas *a priori*, acceptable en l'état. Elle nécessite un délai de mise au point avec les usagers potentiels, et elle constitue un élément de perturbation des us et coutumes. Elle nécessite donc une période d'intégration dans les pratiques sociales du public récepteur. Dans cette vision, le projet de développement n'est plus le simple diffuseur d'une innovation présumée adéquate mais un médiateur entre un savoir et des pratiques préexistantes, d'une part, et une technique exogène jugée potentiellement intéressante, d'autre part. La démarche dépasse la plupart des approches actuelles dites « participatives » visant à faire adopter sans heurt un outil considéré comme bon par essence.
- Cette approche suppose que trois conditions soient satisfaites :
 - son acceptation par les autorités de tutelle et le bailleur de fonds. Novatrice, elle est également profondément insécurisante et engendre beaucoup d'incertitudes pour des acteurs peu enclins à travailler dans l'imprévu ;
 - la disponibilité d'un personnel technique préparé à cette démarche et l'acceptant ;
 - une évolution des pêcheurs et de leurs communautés, habitués aux « agressions techniques » des projets et disposant de pratiques adaptées : résistance passive, résistance agressive, manipulation, recherche d'opportunité.
- Loin d'inculquer un modèle préétabli, on laisse la porte ouverte à des évolutions, condition indispensable à l'appropriation et à la pérennisation des techniques innovantes proposées (fig 3). L'appui à l'analyse, la circulation de l'information, l'organisation de carrefours d'échange entre représentants des communautés, sont autant de moyens à disposition de l'animateur, qui doit éviter les démarches aussi classiques qu'inefficaces de mise en place de structures à partir de « modèles de référence », quitte à mettre à mal l'orthodoxie technologique.

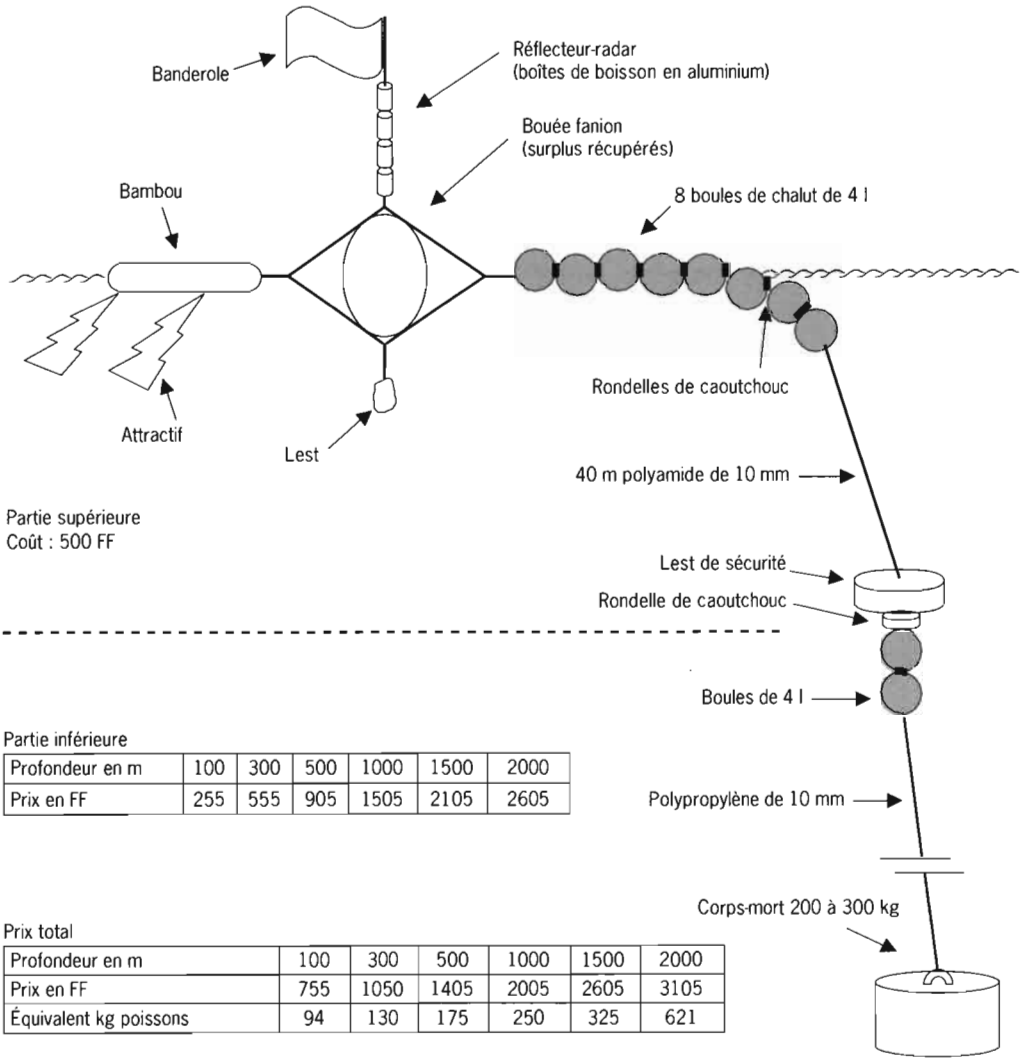


Figure 3
Projet d'appui à la pêche artisanale de São Tomé et Príncipe.
Schéma et prix du DCP.
Version au 10 juin 1998.

Références bibliographiques

- Anon., 1992. São Tomé et Príncipe. À la recherche d'une solution alternative au cacao. *Le Courrier*, 136, 12 p.
- Anon., 1996. Étude de faisabilité d'un projet d'appui au secteur de la pêche artisanale à São Tomé et Príncipe. *Sépia-CFD*, 48 p.
- Ben-Yami M., 1989. How to make and set FADs (Fish Agregating Devices). *FAO Train. Ser.*, 15, 68 p.
- Biais G., Taquet M., 1991. Dispositifs de concentration de poissons à la Réunion. *Ifremer. Equinoxe*, 34, 7 p.
- Debouvry P., 1995. "Animation rurale". Reflections on the history of the concept and its practices. *The Rural Extension Bulletin*. University of Reading, Agricultural Extension and Rural Development Department, 4 p.
- Debouvry P., 1998. Décider pour aménager : gérer les ressources naturelles et l'environnement en Afrique francophone subsaharienne. Enda (eds), Dakar, 129 p.
- Debouvry P., 1999. Vulgarisation et organisations professionnelles agricoles. Analyse comparative des différents modes d'intervention. Master européen Natura (polycopié). Cnearc-Iamm, Montpellier, 120 p.
- Dickson J., 1993. Deep-sea Fish Aggregating Devices for commercial fisheries in the Philippines. *INFOFISH Int.*, 4, 6 p.
- Horemans B., Gallene J., Njock J.C., 1994. Revue sectorielle de la pêche artisanale à São Tomé et Príncipe. *Dipa. Rapp. Tech.*, 55, 45 p.
- Kadari G., 1995. Le secteur des pêches de la République démocratique de São Tomé et Príncipe. Analyse de la situation et proposition d'orientations de la stratégie de développement. *Fida/Pnud BSP*, 75 p.
- Kamphorst B., Teixeira M., 1995. Caractéristiques socio-économiques de la pêche artisanale maritime à São Tomé et Príncipe. *Dipa. Rapp. Tech.*, 68, 32 p.
- Kebe M., 1998. Ébauche de plan directeur des pêches de la République de São Tomé et Príncipe. *Dipa/FAO/Danida*, 54 p.
- Le Touze D., Reviers (de) X., Williams J., 1989. Mise en place et suivi des DCP aux Comores. Association thonière, Commission de l'océan Indien, 21 p.
- Nguyen-Khoa S., 1993. Efficience et impacts halieutique, économique et social des dispositifs de concentration de poissons (DCP) dans les sociétés insulaires : l'expérience du Vanuatu. *Orstom*, 129 p.
- Pollnac R., 1993. Qui doit financer les DCP ? *Lett. Inf. Pêches CPS*, 65, 3 p.

Le « faux-poisson » d'Abidjan et la pêche sous DCP dérivants dans l'Atlantique tropical Est : circuit de commercialisation et rôle socio-économique

Bruno Romagny⁽¹⁾, Frédéric Ménard^(2,3), Patrice Dewals⁽²⁾,
Daniel Gaertner⁽³⁾, Nestor N'Goran⁽²⁾

(1) IRD, centre de Petit-Bassam, BP, 293 Abidjan 04, Côte-d'Ivoire - Bruno.Romagny@ird.ci

(2) Centre de recherches océanologiques, BP V 18, Abidjan, Côte-d'Ivoire

(3) IRD, centre de Montpellier, HEA, BP 5045, 34032 Montpellier Cedex 1, France

Abstract

Abidjan is the biggest fishing harbour of tropical tunas in the Gulf of Guinea (around 100 000 Mt per year). Three canneries work on four species (yellowfin, skipjack, bigeye and albacore). Small size tuna, minor tuna and by-catches are refused by the canneries and are sold on the local market fish. It is the only part of the industrial purse seine catches directly sold in Abidjan. Since 1990, fishing operations on schools of tuna associated with artificial drifting FADs has become widespread. Log fishery allow to catch a majority of small tunas, and generates by-catches of various other pelagic species associated to the logs. The landed amounts of local market fish have increased: from 8 500 Mt per year estimated between 1987 and 1990, 21 000 Mt is reached between 1991 and 1993. Since 1994, controls have been carried out by French fishing companies. A sampling scheme allows us to analyse precisely the landings since 1998. From an interdisciplinary approach, we study the socio-economic role of this local fish market, especially the links between the different actors on this market, and we analyse his impact on fishing strategies by identifying the distribution networks (actors, prices, profit) and estimating the turnovers connected to this sector.

Introduction

Abidjan est le premier port de pêche du golfe de Guinée en termes de débarquements de thons tropicaux. Trois espèces dominant et sont exploitées par une pêche de surface à la senne tournante qui opère dans tout l'Atlantique tropical Est : l'albacore (*Thunnus albacares*), le listao (*Katsuwonus pelamis*) et le patudo (*Thunnus obesus*). Une cinquantaine de senneurs, principalement sous pavillon espagnol ou français, transbordent leurs cargaisons et approvisionnent trois conserveries qui contribuent largement à l'excédent en valeur de la balance commerciale des

produits halieutiques, alors qu'en volume celle-ci est déficitaire. Actuellement, environ 70 % des besoins intérieurs du pays en produits de la pêche sont couverts par l'importation de poissons congelés (183 124 t en 1998). À elles seules, les exportations de conserves et de longes de thon représentent plus de 95 % de la valeur totale des exportations ivoiriennes de produits de la mer. Parallèlement à ce secteur moderne et intégré, une filière locale s'est développée dont l'importance économique et sociale est loin d'être négligeable. Cette filière, apparemment informelle, est connue sous le nom de secteur du « faux-poisson » ou du « faux-thon ».

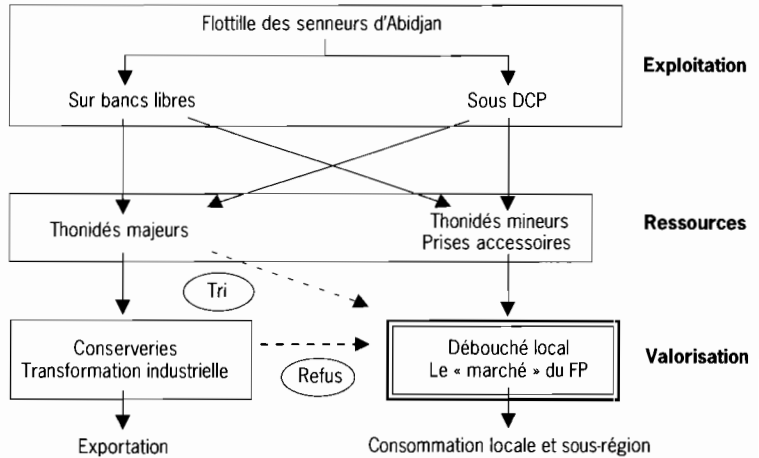
Le « faux-poisson » est constitué par l'ensemble des thons qui ne correspondent pas aux normes des conserveries : albacores, listaos et patudos de trop petite taille, abîmés ou mal conservés. Ces poissons sont refusés par les conserveries et ce processus de rejet est à l'origine même du terme « faux-poisson » qui s'oppose aux thons transformés industriellement. Cependant, on trouve également sous cette appellation d'autres espèces capturées par les sennes et qui sont triées et conservées à bord des thoniers. Ce sont en grande majorité des thonidés mineurs (*Auxis* spp. et thonines *Euthynnus alletteratus*) appelés couramment *ravils*, mais on trouve aussi toute une faune pélagique associée aux thonidés (poissons bananes, balistes, marlins, voiliers, thazards, etc.) qui n'est pas valorisée à l'exportation. Le « faux-poisson » constitue donc une partie des captures accessoires de la pêche à la senne : des espèces associées à une ou plusieurs espèces cibles, des espèces cibles qui n'ont pas la bonne taille, la bonne qualité ou, de façon plus générale, qui ne correspondent pas aux normes techniques des industries de transformation (Pascoe, 1997).

Le « faux-poisson » est très largement consommé à Abidjan et, dans une moindre mesure, à l'intérieur du pays après avoir été fumé pour assurer sa conservation. Une fraction de ce produit fumé est également exportée vers les pays de la sous-région. Il constitue pour les populations urbaines les plus défavorisées une source de protéines bon marché, consommé essentiellement sous la forme de *garba*, une préparation à base de semoule de manioc et d'un ou deux morceaux de poisson grillé vendue traditionnellement par les commerçants Haoussas (ethnie majoritaire dans le nord du Nigéria). Le « faux-poisson » est également consommé à l'occasion de grandes cérémonies dans les villages ou en ville (funérailles, mariages, etc.). Il semble désormais faire partie des habitudes alimentaires des Ivoiriens qui apprécient particulièrement ce produit pour ses qualités nutritives, malgré le taux de salaison (lié à la saumure) parfois important.

Dans ce travail, le développement du marché du « faux-poisson » à Abidjan est appréhendé à travers les relations entre, d'une part, un mode particulier d'exploitation d'une ressource hauturière (la pêche sous objets artificiels flottants ou DCP dérivants, largement pratiquée par la flottille thonière) et, d'autre part, des possibilités de débouchés locaux et de valorisations attractives pour les multiples acteurs opérant

en marge d'une industrie tournée essentiellement vers l'extérieur et obéissant à des logiques commerciales et financières internationales (fig. 1). Jusqu'à présent, de nombreuses études sur les DCP ont tenté d'expliquer les raisons qui poussent les thons à s'agglomérer autour d'objets flottants (Fréon & Misund, 1999), ou ont étudié les conséquences de ce type de pêche sur la composition spécifique des captures (Ariz Telleria *et al.*, 1993 ; Fonteneau *et al.*, 2000). Notre propos consiste à explorer l'ensemble des transformations halieutiques et économiques engendrées par les DCP dérivants au sein de cette pêcherie. La situation originale du port d'Abidjan, inséré au sein d'un tissu socio-économique dynamique, offre un cas pratique d'analyse des interactions complexes entre ressource et société. Rejetant une approche dualiste, nous n'opposerons pas le secteur d'exportation industriel à celui du « faux-poisson » qui répond à des besoins locaux liés au bien-être des populations les plus pauvres. Ces deux secteurs ne sont pas étanches et nous verrons comment les modes de régulation de l'un peuvent influencer le devenir de l'autre.

Figure 1
Représentation schématique
de la situation du secteur
du « faux-poisson » (FP)
à Abidjan.



Dans une première partie, nous montrerons que l'essor du marché du « faux-poisson » à Abidjan semble lié au développement dans l'Atlantique tropical Est de la pêche sous DCP dérivants. L'utilisation de ces DCP accroît les prises de thonidés mineurs et d'autres espèces pélagiques associées qui trouvent sur le marché local des débouchés importants. Cependant, de plus en plus de travaux soulignent les effets négatifs pour la ressource de la pêche sous DCP dérivants (Fonteneau *et al.*, 2000 ; Marsac *et al.*, 2000). Puis, dans une seconde partie, nous essaierons de comprendre les logiques des acteurs de la filière « faux-poisson » et d'identifier les circuits de commercialisation (acteurs, prix, marges). Jusqu'à présent, aucune analyse socio-économique du « faux-poisson » à Abidjan n'avait été effectuée, bien que plusieurs études relatives aux circuits de distribution du poisson en Côte-d'Ivoire mentionnent son existence (Weigel, 1989 ; Anoh, 1994 ; Aman, 1994).

Le « faux-poisson » et la pêche sous DCP

Le développement de la pêche sous DCP

Deux modes de pêche sont pratiqués par les senneurs : la recherche puis la capture de bancs libres de thons (souvent de grande taille et en bancs quasi monospécifiques) et la capture sous des DCP dérivants qui concentrent les thonidés (en majorité des concentrations plurispécifiques de thons de petites tailles dominés par le listao) mais aussi d'autres espèces pélagiques associées aux thons. Depuis la fin de l'année 1990, on a assisté à un spectaculaire développement de la pêche sous DCP dérivants (Ariz Telleria *et al.*, 1993). Dans l'Atlantique tropical Est, les captures suivant ce mode de pêche représentent plus de 50 % des captures totales de surface (Fonteneau *et al.*, 2000). Ces DCP sont mis à l'eau par les senneurs et peuvent dériver pendant deux mois. De forme rectangulaire (environ 3 m sur 1,5 m), ils sont fabriqués en bambou. Une balise émettrice est reliée au DCP et chaque senneur utilise une fréquence secrète pour le localiser. On estime grossièrement à plus de 3 000 le nombre de DCP munis de balise pour les seuls senneurs débarquant à Abidjan en 1998 (45 bateaux).

Le développement de ce type de pêche s'explique par la volonté des armements d'améliorer sans cesse la rentabilité de leurs opérations. En effet, la pêche sous DCP conduit à une diminution des coûts de recherche du poisson, à une réduction du nombre de coups nuls par rapport à la pêche sur bancs libres et à une meilleure planification du travail qui s'apparente désormais plus à de la « collecte » qu'à une véritable activité de recherche ou de « chasse » du poisson. Certains commandants de thoniers constatent également un changement des mentalités dans la profession où les compétences axées sur la recherche et la capture du poisson cèdent désormais la place à une pêche « programmée », ne demandant que peu de qualification et d'expérience de la part des patrons de navire.

Origine du « faux-poisson »

Pour les seize senneurs français ayant débarqué en 1998 à Abidjan, on dispose des enquêtes de pêche qui donnent les quantités déclarées des prises sous DCP et des prises sur bancs libres au cours de chacune de leurs marées. Pour l'année 1998, les 125 marées enquêtées ont été classées en trois catégories : celles dont les calées (coups de senne) sur bancs libres dominant (prises sous DCP inférieures à 35 %); celles dont les coups sous DCP sont compris entre 35 et 65 %; et celles dont les calées sous DCP sont supérieures à 65 pour cent. En parallèle, on fait correspondre les quantités de « faux-poisson » débarquées estimées par nos enquêtes pour chacune de ces marées. Le ratio du débarquement de « faux-poisson » sur les captures totales déclarées dans l'enquête de pêche conduit au tableau 1. Le test d'indépendance de la variable caractérisant le mode de pêche dominant de la marée avec celle correspondant à l'importance des débarquements de « faux-poisson » est significatif

($\chi^2 = 15,946$, ddl = 4, $p = 0.0031$), montrant que plus la proportion des calées sous DCP est grande durant une marée, plus les quantités de « faux-poisson » sont importantes. Cependant, des calées de thonines sur bancs libres près de la côte sont parfois observées, démontrant la volonté délibérée de cibler le « faux-poisson ». D'autres calées sur bancs libres peuvent s'effectuer sur des petits thons majeurs qui seront refusés par les conserveries.

Tableau 1 - Répartition des 125 marées des senneurs français en 1998 suivant le type de pêche dominant et suivant les débarquements de « faux-poisson » (FP).

	FP < 7 %	7 < FP < 15 %	FP > 15 %
DCP < 35 %	44	17	11
35 < DCP < 65 %	6	8	13
65 % < DCP	10	8	8

Source : enquêtes CRO-IRD, port de pêche d'Abidjan.

Les captures accessoires de la pêche sous DCP dérivants

Les captures accessoires de la pêche à la senne sous les DCP dérivants sont rarement consignées dans les livres de bord. Ces captures accessoires, constituées d'espèces pélagiques, sont soit rejetées à la mer, soit conservées à bord pour être vendues sur le marché local d'Abidjan. Entre fin 1997 et début 1999, des observateurs scientifiques ont embarqué à bord de senneurs français (18 marées) et espagnols (43 marées) dans le cadre du programme Patudo de l'Union européenne (Ariz Telleria & Gaertner, 1998). On analyse dans cette étude les données issues des 150 calées sous DCP effectuées par les senneurs français au cours des 18 marées enquêtées. Seules les données françaises étaient accessibles pour cette étude mais elles sont représentatives des deux flottilles. Les prises totales ont été classées en cinq groupes : captures et rejets de thons majeurs, captures et rejets de thons mineurs, et faune associée aux thonidés qui peut être en partie rejetée à la mer.

Les rejets de thons, qui concernent essentiellement des poissons de petite taille dominés par le listao et les *Auxis*, ont été observés au cours de 27 calées (tab. 2). En dehors des thons mineurs, des espèces pélagiques associées aux DCP ont été capturées au cours de 135 calées (90 % des calées) : 28 281 individus ont été dénombrés par les observateurs, correspondant à 61,2 tonnes. Le thazard (*Acanthocybium solandri*), les poissons porte-épée (principalement *Makaira nigricans*), les balistes (*Balistidae*), le barracuda (*Sphyraena barracuda*), les dorades coryphènes (*Coryphaena* sp.), le poisson banane (*Elagatis bipinnulata*), les kyphosidés et les requins (principalement *Carcharhinus falciformis*) constituent les principaux groupes en poids de la faune associée (fig. 2). La plupart de ces espèces ont été conservées à bord : 22,7 % en poids ont été estimés rejetés dont 8,5 % en vie.

Tableau 2 - Prises et rejets (en tonnes) de 150 calées sous DCP enquêtées par des observateurs scientifiques durant 18 embarquements sur des senneurs français en 1998.

	Prises	Rejets	Total
Thons majeurs	2 144	55	2 199
Thons mineurs	111	71	182
Faune associée	47,3	13,9	61,2

Source : programme Patudo de l'Union européenne.

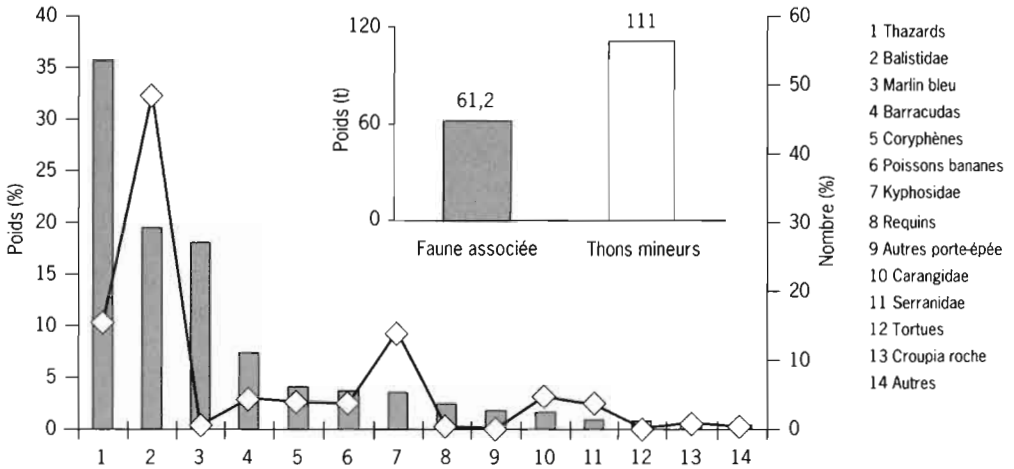


Figure 2
Captures accessoires de la pêche thonière industrielle à la senne sous DCP dérivants : composition en poids (histogramme) et en nombre (courbe) des 14 groupes principaux d'espèces (données observateurs collectées en 1998).

Enquêtes et débarquements du « faux-poisson »

De 1981 à juillet 1994, les quantités débarquées¹ ont été estimées à partir d'informations collectées auprès des douaniers aux différents points de sortie du port de pêche (Bard & Amon Kothias, 1985 ; Amon Kothias, 1986 ; Bard & Hervé, 1993 ; Amon Kothias *et al.*, 1994). On dispose alors du nombre de « bâchées » par mois mais ces estimations sont très en dessous de la réalité car les douaniers n'ont aucun intérêt à déclarer les volumes sur lesquels ils perçoivent une dîme. À partir d'août 1994, un enquêteur comptabilise le soir le nombre de « bâchées » par bateau (Amon Kothias *et al.*, 1996) mais la couverture totale des quais de débarquement ne sera effective qu'à partir de mars 1996 avec la prise en compte du principal quai utilisé par les senneurs espagnols (Hervé, 1997). À partir de 1998, des sondages et des mensurations de poissons sont effectués par notre enquêteur avant le chargement dans les « bâchées ». Pour estimer les débarquements, on effectue une conversion en poids en tenant compte de l'augmentation du remplissage des « bâchées » au cours de la période. L'hypothèse de conversion retenue est la suivante (Hervé, 1997) : 1,5 t par bâchée entre 1981 et 1985 ; 2,4 t entre 1987 et 1990 ; 3 t à partir de 1991.

1. Le débarquement du « faux-poisson » a lieu généralement après 18 h afin de ne pas perturber les opérations d'approvisionnement des conserveries. Il est évacué dans des camionnettes pick-up (des « bâchées ») qui constituent dans nos enquêtes la principale unité de mesure. On comptabilise aussi des sacs de ravils (Auxis et thonine) estimés à 150 kg chacun.

La figure 3 et le tableau 3 présentent nos estimations des débarquements² de « faux-poisson » depuis 1981. Les fortes valeurs de la période 1991-1994 (21 000 t annuelles, 12,5 % des débarquements) coïncident avec le développement intensif de la pêche sous DCP dérivants. À partir de 1995, on revient à des quantités de l'ordre de 10 000 t/an (8 % des débarquements), malgré le bon maintien des captures sous les DCP. En 1997 et 1998, en raison du moratoire sur la pêche sous DCP pour les mois de novembre, décembre et janvier, on observe une chute brutale des débarquements issus des DCP, non suivie d'effet sur le « faux-poisson », en partie parce que les zones de pêche sous DCP se sont déplacées hors de la zone du moratoire. On reviendra sur ces points par la suite. Cependant, toutes nos quantités restent probablement fortement sous-estimées. Même après 1996, les débarquements de « faux-poisson » par les senneurs espagnols sont sous-évalués, en raison notamment des transbordements qui sont fréquemment réalisés en lagune à des heures tardives. En effet, la flottille espagnole qui contribue à l'approvisionnement des conserveries locales transborde également du thon dans des cargos à destination des conserveries basées en Espagne, sans tri préalable du « faux-poisson », qui doit y trouver une valorisation intéressante pour les équipages et les armements.

Figure 3
Débarquements à Abidjan de thons issus de la pêche thonière industrielle à la senne : prises sous DCP, prises sur bancs libres et « faux-poissons » (FP).

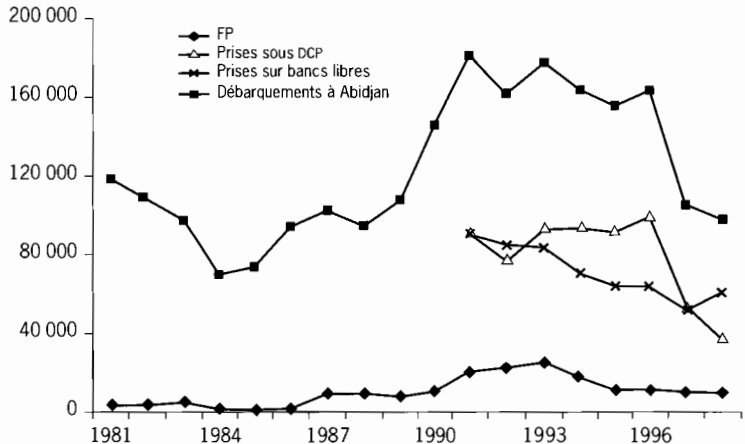


Tableau 3 - Estimations des débarquements annuels (en tonnes) de « faux-poisson » (FP) et des proportions relatives aux débarquements totaux au port d'Abidjan.

Période	1981-1985	1987-1990	1991-1994	1995-1998
FP (par an)	2 500 t	8 500 t	21 000 t	10 000 t
FP (% des débarquements)	2,5 %	8 %	12,5 %	8 %
Fiabilité	mauvaise	moyenne	moyenne	bonne

Une échelle de fiabilité des estimations est donnée à titre indicatif. Source : enquêtes CRO-IRD, port de pêche d'Abidjan.

2. Certains armements et consignataires ont également mis en place leurs propres systèmes d'enquêtes pour contrôler les quantités de « faux-poisson » débarquées. On dispose le plus souvent en fin d'année de leurs estimations que l'on confronte alors aux nôtres.

Concernant les statistiques tenues par la direction de l'aquaculture et des pêches (DAP), la catégorie « faux-poisson » n'est comptabilisée qu'à partir de 1992 en tant qu'importation au même titre que le thon congelé destiné à l'approvisionnement des conserveries. Les données officielles sont résumées dans le tableau 4. Par rapport à nos enquêtes, ces estimations sont largement sous-évaluées et peu détaillées. Les données en valeur ne sont disponibles qu'à partir de 1997 et correspondent visiblement à l'application d'un prix moyen de 150 FCFA/kg toutes espèces confondues.

Tableau 4 - Débarquements annuels en quantité (tonnes) et valeur (milliers de FCFA) du « faux-poisson » (nd : non disponible).

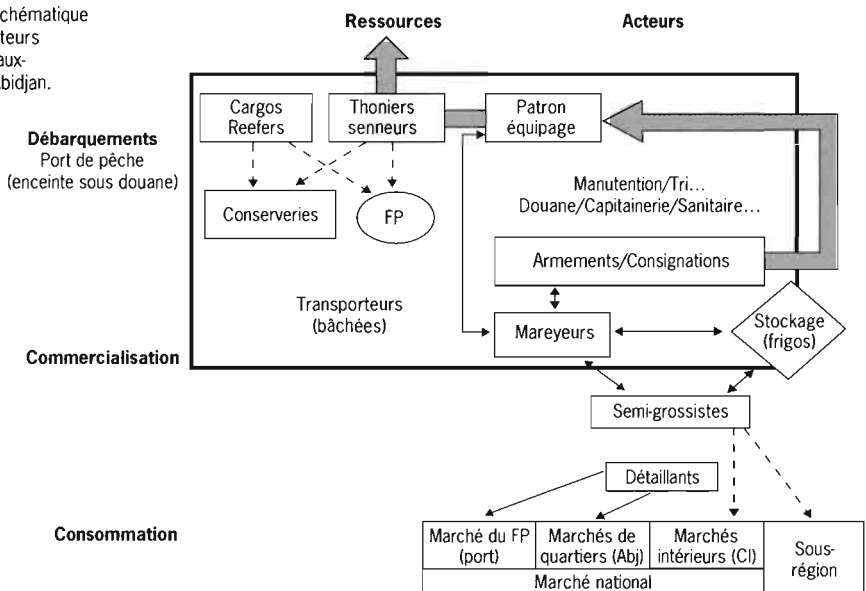
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Quantités	1 272	5 839	5 000	2 982	2 884	2 211	1 593
Valeurs	nd	nd	nd	nd	nd	331 613	238 935

Source : annuaires statistiques de la direction de l'aquaculture et des pêches (DAP).

Le marché du « faux-poisson » : logiques d'acteurs et circuits de commercialisation

La figure 4 schématise les relations entre les différents acteurs de la filière « faux-poisson » que nous regrouperons dans la suite de la manière suivante : les armateurs ou leurs représentants (consignataires) et les équipages de thoniers, les mareyeurs grossistes qui s'approvisionnent soit auprès des armements soit directement auprès des commandants de thoniers et, enfin, le secteur de la vente au détail représenté par le marché du port, seul marché pour lequel on dispose d'informations détaillées.

Figure 4
Représentation schématique
des différents acteurs
du secteur du « faux-
poisson » (FP) à Abidjan.



Les relations entre armateurs, équipages et mareyeurs

Armateurs et équipages

Du point de vue des pêcheurs, le « faux-poisson » constitue ce que l'on appelle traditionnellement la « godaille » et apporte aux équipages des thoniers un complément de revenu non négligeable. La clé de répartition des bénéfices de ces ventes entre les membres de l'équipage (européens et africains) selon leur niveau de qualification reste très difficile à obtenir. Jusqu'à une période récente, les armements fermaient en général les yeux sur cette pratique de vente informelle qui contribuait au maintien de la « paix sociale » à bord des navires. À cette époque, tout le bénéfice de la vente du « faux-poisson » revenait donc à l'équipage et certains bateaux ciblaient délibérément le « faux-poisson » dans leurs captures. Les débarquements de « faux-poisson » pouvaient alors atteindre jusqu'à 150 ou 200 tonnes par marée pour les senneurs ayant les plus grandes capacités de stockage (1 000 tonnes et plus). Confrontés à l'explosion des débarquements de « faux-poisson » au début des années quatre-vingt-dix qui constituaient un manque à gagner pour les armements, ces derniers ont tenté de mettre en place un système de contrôle par « quota ». Dès 1994, la plupart des armements français ont ainsi limité à 25 ou 30 tonnes par bateau et par marée les quantités de « faux-poisson » revenant directement aux équipages (encadré). Ces mesures de contrôle, au départ très mal perçues par les équipages, ne sont pas appliquées avec la même rigueur par tous les armements, notamment ceux disposant de senneurs ayant des capacités de stockage relativement modestes et donc moins susceptibles de débarquer de gros tonnages de « faux-poisson ». La mise en place de ce système de contrôle s'est traduite par une diminution de 50 % des débarquements de « faux-poisson » entre la période 1991-1994 et les années récentes (tab. 3). Aucun système de contrôle ne semble pratiqué par les armements espagnols qui laisseraient la totalité des bénéfices des ventes de « faux-poisson » aux équipages de thoniers basés à Abidjan.

Les débarquements de « faux-poisson » semblent donc liés non seulement au mode d'exploitation de la ressource par les senneurs (pêche sous DCP ou sur bancs libres) mais également aux stratégies des navires et de leurs équipages, choisissant soit de cibler ou non le « faux-poisson », soit de conserver ou de rejeter les captures accessoires de la pêche sous DCP. Ces stratégies des navires répondent ainsi à une double logique : une exigence de résultat et de rendement imposée par les armements désireux d'approvisionner les conserveries, d'une part, et d'autre part, une logique propre aux équipages qui dépend des opportunités de commercialisation du « faux-poisson » et surtout de gains qu'ils peuvent en retirer. Durant les deux années du moratoire sur la pêche sous DCP (1997 et 1998), le système de régulation instauré par les armements a probablement permis aux senneurs d'atteindre rapidement leur quota en pêchant moins sous DCP hors de la zone moratoire et, indirectement, a limité les rejets des captures accessoires (Goujon & Labaisse-Bodilis, 2000).

Le contrôle des débarquements de « faux-poisson » par les armements français : l'exemple de Saupiquet

Face à l'essor important des débarquements de « faux-poisson », la société Saupiquet a été la première à mettre en place un système intégré de contrôle des débarquements et de la commercialisation du « faux-poisson ». Cet armement dispose en effet de cinq thoniers basés à Abidjan, ayant des capacités de stockage allant jusqu'à 1 000 ou 1 200 t, destinés à alimenter en priorité la conserverie du groupe (détenue à 55 % par Saupiquet), la société des conserves de Côte-d'Ivoire (Scodi). La Scodi possède, en outre, un entrepôt frigorifique d'une capacité d'environ 6 000 t qui permet le stockage du thon sous la forme de matière première et des produits finis surgelés. Auparavant, les commandants de thoniers avaient le monopole de la vente de « faux-poisson » qui s'effectuait en dehors de tout contrôle de Saupiquet. Depuis novembre 1994, le système est entièrement sous contrôle de l'armement qui procède à une pesée systématique du « faux-poisson » débarqué. Saupiquet surveille la totalité des opérations de débarquement et se charge d'un premier tri à bord des navires, permettant de séparer le « faux-poisson » du reste de la cargaison destinée à la Scodi. Un second tri est ensuite effectué dans les locaux de la Sifroid. Une fois le « faux-poisson » complètement trié, il est vendu par Saupiquet à des grossistes mareyeurs (deux principaux grossistes sont concernés, à chacun est attribué un ou plusieurs navires), à un prix contractuel fixé à l'avance selon les conditions du marché. Une fois le produit total de la vente perçu, l'armement rétrocède aux équipages au retour de la marée suivante le montant correspondant à 25 ou 30 t de « faux-poisson » et conserve pour lui l'excédent éventuel. Selon Saupiquet, la mise en place d'un tel système évite tout conflit avec les mareyeurs et permet une meilleure régulation du marché du « faux-poisson ».

À partir des données collectées, nous proposons une première estimation³ du chiffre d'affaires réalisé par la vente du « faux-poisson » au niveau des armements et des équipages de thoniers (tab. 5). Le montant total est d'environ deux milliards de francs CFA en 1997 et 1998, pour un volume de l'ordre de 10 000 tonnes par an. Toutes les espèces débarquées ne sont pas représentées dans le tableau 5 et nous avons dû procéder à des regroupements par catégorie. Le *ravil* comprend les thonidés mineurs (*Auxis* et thonines). La catégorie « mélange » correspond aux thonidés majeurs abîmés ou trop petits, refusés par les conserveries⁴.

3. Pour parvenir à ces estimations, nous avons appliqué aux années précédentes des informations concernant les prix de vente de 1999. Ces prix sont des prix de gros pratiqués à la sortie des bateaux ou par les armements. Ils représentent une moyenne assez réaliste des prix pratiqués par l'ensemble de la flottille, compte tenu de la forte concurrence entre les opérateurs de ce secteur.

4. Il est parfois difficile de distinguer dans les bâchées les catégories « mélange » et le *ravil* qui sont vendus à des prix différents (230 FCFA/kg pour le *ravil*, 110 FCFA/kg pour le « mélange »). On applique donc une proportion variable selon les années. Pour 1997, on a retenu 86 % de *ravil* et 14 % de « mélange », et pour 1998, 73 % de *ravil* et 27 % de « mélange ».

Tableau 5 - Estimation du chiffre d'affaires des ventes de « faux-poisson » par les armements et équipages en 1997 et 1998. Quantités en kg, valeurs en FCFA. Pour la conversion en poids, nous avons retenu trois tonnes pour une « bâchée », 150 kg pour un sac de *ravils*, 180 kg pour un marlin et 30 kg pour un voilier. Source : enquêtes CRO-IRD, port de pêche d'Abidjan.

Catégories	<i>Ravil</i>		Mélange		Marlin		Voilier		Total	
	Poids	Valeur	Poids	Valeur	Poids	Valeur	Poids	Valeur	Poids	Valeur
Espagnols	3 312 630	761 904 900	501 870	55 205 700	59 040	13 579 200	2 670	614 100	3 876 210	831 303 900
Français	3 306 906	760 588 293	972 139	106 935 332	60 272	13 862 560	4 928	1 133 440	4 344 245	882 519 624
Autres	880 500	202 515 000	132 000	14 520 000	32 760	7 534 800	2 550	586 500	1 047 810	225 156 300
Total 1997	7 500 036	1 725 008 193	1 606 009	176 661 032	152 072	34 976 560	10 148	2 334 040	9 268 265	1 938 979 824
Espagnols	3 083 490	693 785 250	1 274 010	140 141 100	82 440	18 961 200	9 270	2 132 100	4 449 210	855 019 650
Français	3 068 760	690 935 625	1 286 651	141 531 610	160 241	36 855 430	7 660	1 761 800	4 523 312	871 084 465
Autres	219 375	49 359 375	44 625	4 908 750	7 920	1 821 600	60	13 800	271 980	56 103 525
Total 1998	6 371 625	1 434 080 250	2 605 286	286 581 460	250 601	57 638 230	16 990	3 907 700	9 244 502	1 782 207 640

Durant l'année 1998, on a enregistré des débarquements significatifs de « poissons blancs » (poissons bananes, barracudas) par les navires français qui, pour des raisons de présentation, ont été rangés dans la catégorie *ravil* (ils sont vendus au même prix). On trouve également des requins et des balistes qui sont généralement cédés gratuitement. Le commerce très profitable des ailerons de requin suit des filières particulières, s'appuyant essentiellement sur la pêche artisanale piroguière présente sur l'ensemble du littoral ivoirien. Ces ailerons, une fois séchés, sont destinés aux marchés asiatiques et peuvent se négocier à des prix de gros atteignant 35 000 FCFA/kg (poids sec) pour les espèces les plus prisées. Dans certains cas, les ailerons sont directement expédiés au Ghana pour être achetés par des grossistes asiatiques. La quantité d'ailerons débarquée par les senneurs est faible, de l'ordre de cinq kilos par marée, mises à part les marées effectuées dans la zone de Dakar où les prises de requins sont beaucoup plus importantes. En allant pêcher dans cette zone, les senneurs débarquent en moyenne cinquante kilos d'ailerons par marée.

Les mareyeurs grossistes

Même si certains mareyeurs sont spécialisés dans le « faux-poisson », cette activité est généralement associée à d'autres opérations commerciales. Pour la plupart, il s'agit de sociétés de consignation, de manutention ou d'import-export de produits de la mer qui se lancent dans ce négoce risqué mais lucratif, permettant généralement de consolider leur trésorerie. Il existe des barrières à l'entrée de nouveaux mareyeurs sur le marché, qui est en fait contrôlé par un petit groupe d'opérateurs concurrents implantés dans ce secteur depuis de nombreuses années et disposant de gros moyens financiers. Relativement peu de mareyeurs sont accrédités officiellement pour exercer leur profession par rapport au nombre de personnes revendiquant une activité dans le « faux-poisson ». Les mareyeurs accrédités fournissent de nombreux documents à l'Administration et doivent en principe posséder une chambre froide ou une attestation de location de ces équipements. Mais la législation est très souvent contournée, faute de moyens de surveillance. Toute opération de débarquement de « faux-poisson » est soumise à une autorisation préalable (payante) du service des pêches, de la capitainerie et des douanes.

En outre, les mareyeurs ont désormais l'obligation de présenter à l'Administration un contrat d'achat de « faux-poisson » à bord des thoniers, précisant notamment les parties liées par le contrat (le nom de l'acheteur et du commandant du navire ou de son représentant) et les modalités de la transaction. Les prix pratiqués ainsi que le tonnage échangé ne sont pas mentionnés. Ce système de contrat a été institué récemment par la direction des pêches dans le but de réglementer un marché désordonné où les litiges entre acheteurs et vendeurs sont parfois violents. Cependant, ces contrats ont plus une valeur symbolique que juridique et les différends se règlent généralement à l'amiable. Il en va de la crédibilité

du mareyeur vis-à-vis de la profession. Les transactions reposent essentiellement sur des relations privilégiées entre le commandant d'un thonnier et le mareyeur, et non sur la signature d'un document répondant aux contraintes administratives.

Il existe une très forte concurrence entre les mareyeurs grossistes qui négocient l'achat du « faux-poisson » directement avec le commandant ou le bosco du navire, ou qui passent par l'intermédiaire des armements. Cette concurrence porte sur des arrangements garantissant l'exclusivité de la fourniture du « faux-poisson » d'un ou plusieurs navires pour une période déterminée (entre deux et cinq ans, voire plus). Le mareyeur est obligé de prendre la totalité du « faux-poisson » débarqué à chaque marée par le ou les navires avec qui il est lié, même si les conditions du marché ne sont pas favorables. Il doit ensuite se débrouiller pour écouler la marchandise et honorer ses engagements. Les transactions sont donc basées sur la confiance, particulièrement importante lorsque des possibilités de crédit ou de paiement différé sont accordées.

Dans ce domaine, la loi de l'offre et de la demande joue pleinement son rôle entre les mareyeurs qui tentent de récupérer des navires à leurs concurrents. Certaines stratégies opportunistes ne fonctionnent pas, les commandants préférant traiter avec des personnes qu'ils connaissent et qu'ils savent solvables. Cependant, il faut distinguer ce qui se pratique à bord des navires français et espagnols. Ces derniers ont la réputation de ne pas toujours respecter les engagements passés et cherchent à vendre au plus offrant. Ce processus de surenchère au niveau du prix payé par les mareyeurs aux bateaux se traduit souvent par des pertes financières importantes et par la non-solvabilité des mareyeurs, surtout lorsque l'offre est abondante. La demande de « faux-poisson » est généralement stable, et la rentabilité d'une opération d'achat/revente de « faux-poisson » dépend largement des conditions du marché.

Le tableau 6 résume les différents frais à la charge du mareyeur pour débarquer le « faux-poisson » et le sortir de l'enceinte sous douane du port de pêche. À titre d'exemple, pour une « bâchée » de *ravil* de trois tonnes, le coût d'achat du « faux-poisson » s'élève à 690 000 FCFA (230 F/kg en moyenne). L'ensemble des frais hors stockage est de l'ordre de 75 000 FCFA par « bâchée ». Selon l'offre et la demande sur le marché, les mareyeurs peuvent revendre une telle « bâchée » environ 1 300 000 FCFA à des collectivités (hôpitaux, etc.) ou à des semi-grossistes qui se chargent ensuite de la vente au détail. Les prix d'achat et de revente pratiqués par les mareyeurs grossistes restent cependant extrêmement variables et dépendent directement de l'abondance relative du « faux-poisson ». Sur ces bases, on peut estimer la marge commerciale des mareyeurs grossistes entre 35 et 40 % en tenant compte des frais de stockage. Selon les mareyeurs, cette marge serait en constante diminution face à la hausse des coûts divers dont nous venons de parler, ainsi qu'à l'augmentation des prix payés aux navires par rapport aux années antérieures.

Tableau 6 - Frais à la charge du mareyeur liés au débarquement et à la sortie du port du « faux-poisson ».

Prestation	Coût
Main-d'œuvre	Tri à bord : entre 6 et 10 personnes payées 5 500 FCFA/jour Déchargement à partir des cales : 12 personnes payées entre 1 500 et 3 000 FCFA Chargement des bâchées : 10 à 15 personnes (1 500 à 2 000 FCFA/personne/jour de travail)
Douane intérieure (frigo)	10 000 à 15 000 FCFA/bâchée, jusqu'à 30 000 FCFA
Douane à la sortie du port	5 000 FCFA/bâchée jusqu'à 8 000 FCFA
Service des pêches	7 000-7 500 FCFA/bâchée
Capitainerie	3 000 FCFA/bâchée (pénalités si débarquement en dehors des heures réglementaires : 20 000 FCFA, selon la quantité)
Frais de transport	8 000 FCFA/bâchée (jusqu'au frigo à la sortie du port)
Frais de stockage (frigo)	90 000 FCFA/t (Sogef) pour un mois 22 000 FCFA/jour pour les frigos extérieurs, quelle que soit la quantité (*)

Source : enquêtes CRO-IRD, port de pêche d'Abidjan.

(*) Le stockage est une étape importante qui permet aux mareyeurs de réguler les apports de « faux poisson » sur le marché, voire de spéculer selon les arrivages de thoniers ou de cargos au port d'Abidjan et selon les prix pratiqués sur le marché. La Sogef, dont les capacités de stockage s'élèvent à 12 000 t, n'accepte que le poisson très bien congelé. Les mareyeurs l'utilisent pour des volumes importants. Les frigos installés autour du marché au poisson à la sortie du port sont utilisés pour les faibles quantités, pour une vente au détail ou lorsque le poisson, trop décongelé, est refusé par la Sogef. On recense 18 frigos, dont 7 d'une capacité de 40 t, et 11 de 20 tonnes.

La vente au détail sur le marché du port

Notre étude porte sur le marché du « faux-poisson » situé à la sortie du port de pêche d'Abidjan. Ce marché, composé d'une clientèle d'habituels et de vendeurs burkinabés essentiellement, se déroule à proximité des conteneurs frigorifiques permettant le stockage du poisson. De nombreux petits métiers gravitent autour de cette activité de vente au détail. Les clients s'approvisionnent en vue de vendre les poissons dans leur quartier d'origine. Ces acheteurs sont en général des ressortissants nigériens spécialisés dans le commerce du *garba*. Certaines revendeuses sur les marchés des communes d'Abidjan s'y ravitaillent également par l'intermédiaire de leurs représentants. Sur le marché du port, la vente du « faux-poisson » se fait à la criée, selon un jeu d'enchères ascendantes. On observe deux ventes distinctes qui se déroulent à des moments différents de la journée. Une première vente à la pièce ou au tas se déroule le matin, avec parfois de grosses pièces comme les marlins ou de gros albacores refusés par les conserveries. Une deuxième vente par paniers (ou *ascars*) d'environ 75 kg a lieu l'après-midi. Ces paniers recouvrent en fait l'appellation *ravil* et sont essentiellement destinés au marché du *garba*. Selon nos estimations⁵, le marché du port écoulerait environ 25 % du « faux-poisson » débarqué actuellement à Abidjan (2 500 t sur un total d'environ 10 000 t), pour un chiffre d'affaires de l'ordre de 1,8 milliard de francs CFA (tab. 7). D'autres circuits et lieux de vente du « faux-poisson » existent en ville et à l'intérieur du pays mais ils n'ont pas pu être enquêtés. Sur cette base, on peut estimer que le chiffre d'affaires total du marché vivrier des thonidés mineurs et des thons abîmés connus sous le nom de « faux-poisson » est de l'ordre de huit milliards de francs CFA.

5. Depuis février 1999, un enquêteur travaille sur le marché du port et collecte chaque jour des données sur les prix et les quantités commercialisées.

Ce montant est comparable au chiffre d'affaires annuel réalisé par les armateurs de la pêche industrielle nationale⁶. Le tableau 8 donne les prix moyens au kilo pour les principales espèces vendues sur ce marché. Les espèces les plus courantes sont le « thon blanc », le « gros thon », les « poissons bananes » et les « machettes » qui représentent 90 % des espèces vendues à la pièce.

Cependant, les résultats présentés dans cette étude sont à considérer comme une première approche qu'il conviendrait d'approfondir à l'aide d'enquêtes complémentaires, notamment au niveau des circuits de commercialisation : suivi des bâchées qui quittent le port vers les sites de fumage, estimation des flux de « faux-poisson » destinés à l'intérieur du pays et exportés vers les pays limitrophes de la sous-région, etc. Les écarts entre les prix pratiqués par les navires et les prix au détail ne permettent pas d'évaluer avec précision les marges commerciales des détaillants. Pour cela, il faudrait connaître le montant des charges qu'ils supportent et les prix de vente pratiqués par les mareyeurs grossistes auprès des semi-grossistes et des détaillants.

Tableau 7 - Quantités (en kg) et valeurs (milliers de FCFA) des ventes de « faux poisson » au marché du port de pêche d'Abidjan en 1999 (11 mois).

	Ventes à la pièce			Vente au panier (<i>ascars</i>)			Total	
	Poids	Valeurs	F/kg	Poids	Valeurs	F/kg	Poids	Valeurs
Février	18 712	8 581	459	61 230	53 576	875	79 942	62 157
Mars	27 212	11 039	406	95 250	79 210	832	122 462	90 249
Avril	27 089	12 355	456	80 700	58 367	723	107 789	70 722
Mai	12 174	5 925	487	97 875	86 255	881	110 049	92 180
Juin	7 226	4 254	589	156 150	124 749	799	163 376	129 003
Juillet	21 236	11 596	546	200 775	164 970	822	222 011	176 566
Août	45 189	20 665	457	258 750	211 692	818	303 939	232 357
Septembre	60 783	31 274	514	146 550	134 910	921	207 333	166 184
Octobre	66 642	31 754	476	323 025	240 951	746	389 667	272 705
Novembre	56 466	23 945	424	311 700	219 208	703	368 166	243 153
Décembre	50 301	25 370	504	336 525	237 491	706	386 826	262 861
Total	393 030	186 756	483	2 068 530	1 611 381	802	2 461 560	1 798 137

Source : enquêtes CRO-IRD.

6. D'après les annuaires statistiques de la direction des pêches, en 1999, la valeur des captures payées aux armateurs de la pêche industrielle s'élève à 7,648 milliards de francs CFA, dont près de 3 milliards pour la pêche chalutière ; 3,769 milliards pour la pêche sardinière et 893 millions pour la pêche crevette. Rappelons que, selon les mêmes sources, en 1998, le chiffre d'affaires réalisé par les importateurs de poisson congelé en Côte-d'Ivoire était d'environ 58 milliards de francs CFA.

Tableau 8 - Prix de vente moyens en francs CFA par kilogramme et par espèce en décembre 1999.

Espèces (appellations commerciales)	Part de marché (%) (ventes à la pièce)	Prix moyens de vente bateau (gros)	Prix moyens de vente au détail (marché du port)
<i>Ravil</i> (<i>Auxis</i> , thonines & sacs)	-	230-240	800
Thon blanc (wahoo)	35,52	230-280	480
Gros thon (mélange, albacore)	25,14	110-170	570
Poisson banane	18,83	230-280	490
Machette (coryphène)	10,52	230-280	330
Espadon, marlin	7,45	230-280	900
Brochet	2,04	230-280	610
Voilier	0,50	230-280	680

Source : enquêtes CRO-IRD, marché du port de pêche d'Abidjan.

Conclusion

Le lien entre le « faux-poisson » et les captures sous les DCP dérivants apparaît clairement établi. La hausse des débarquements de « faux poissons » en 1991 est imputable au développement de ce nouveau mode de pêche mais le comportement des équipages, motivés par des gains importants, a sans doute aussi joué un rôle important. Toutes les principales espèces pélagiques associées aux thons sous les DCP et qui forment des captures accessoires se retrouvent dans les débarquements de « faux-poisson » : marlins, voiliers, thazards, poissons bananes, barracudas, balistes, requins. Pour ces espèces, mais surtout pour les thonidés mineurs (*Auxis* et thonines), le marché du « faux-poisson » apparaît comme un moyen de valoriser des captures qui, sinon, seraient en grande majorité rejetées en mer.

Cependant, ce marché ne permet sans doute pas de limiter les rejets de la pêche thonière de surface. Paradoxalement, l'instauration par les armateurs français d'un système de contrôle par quota, qui a limité les quantités débarquées, a probablement aussi eu une influence sur les rejets. Avant les années des moratoires (1997 et 1998), il fallait trier et ne garder que les captures accessoires réalisées au cours des dernières calées sous DCP pour atteindre les 20 à 30 tonnes par marée. Durant les années des moratoires, on peut penser que les bateaux, pêchant moins sous DCP, sont arrivés à leur quota sans être obligés de trier comme par le passé. Les rejets pourraient donc avoir diminué pendant les mois des moratoires, expliquant l'absence d'influence de ces moratoires sur les débarquements de « faux-poisson ». Un autre facteur pourrait avoir participé à la baisse des quantités de « faux-poisson » en 1994 : l'évolution de la taille minimale acceptée dans les conserveries. Il est en effet possible que les conserveries se soient mises à accepter des poissons plus petits, ce qui diminuerait d'autant la part de la catégorie « mélange » du « faux-poisson ». En ce sens, les pratiques des armateurs visant à continger les captures accessoires, l'évolution des normes des conserveries et l'existence d'un marché pour le « faux-poisson » vont dans le

sens des recommandations de la FAO qui, dans son code de conduite pour une pêche responsable, encourage à réduire les pertes et gaspillages après capture, et à améliorer l'utilisation des captures accessoires, essentiellement en vue de la consommation humaine (FAO, 1995).

Notre étude, tant des points de vue de la ressource et de la technique de pêche sous DCP que du point de vue économique (existence d'un marché local dynamique évitant le gaspillage de protéines, prise en compte des stratégies des pêcheurs et des armateurs, etc.), s'inscrit dans les débats qui animent la communauté halieutique depuis une dizaine d'années et qui concernent le problème des captures accessoires et des rejets affectant de nombreuses pêcheries. Les pêcheries crevettières, fréquemment citées comme un cas d'école, ont donné lieu à de nombreux travaux d'évaluation (Hendrickson & Griffin, 1993). Selon la FAO, les rejets représentent environ 20 % du total des captures maritimes mondiales (entre 18 et 40 millions de tonnes par an ; Pascoe, 1997). Face à l'ampleur du phénomène, les études se sont multipliées afin d'analyser les impacts économiques, sociaux et écologiques des captures accessoires et des rejets sur les pêcheries et la société dans son ensemble (Alverson *et al.*, 1994). Des travaux intégrant l'impact de la pêche sous DCP sur les débarquements de « faux-poisson » et les dynamiques entre les différents marchés nationaux et sous-régionaux pourraient être menés sur des pêcheries comparables dans l'océan Indien, au Sénégal et au Ghana, où le port de Tema est le principal concurrent du port d'Abidjan pour la pêche thonière. Cette probable concurrence au niveau du secteur du « faux-poisson » se traduit déjà par des débarquements de « faux-poisson » à Abidjan en provenance du Ghana, afin de profiter des opportunités plus intéressantes de vente sur le marché ivoirien qui reste le plus important de la région.

Remerciements

Nous tenons à remercier vivement H. Rey-Valette (université de Montpellier) pour la relecture attentive et les critiques constructives qu'elle a apportées au manuscrit, ainsi que F.-X. Bard (IRD), A. Hervé (IRD) et H. Petit pour les nombreuses informations qu'ils nous ont transmises sur le secteur du « faux-poisson ».

Références bibliographiques

- Alverson D.L., Freeberg M.H., Murawski S.A., Pope J.G., 1994. A global assessment of fisheries by-catch and discards. FAO Fish. Tech. Pap., 339, 233 p.
- Aman O., 1994. Commercialisation du poisson à Abidjan. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur des techniques agricoles. Institut agricole de Bouaké (IAB), Yamoussoukro, 80 p.

- Amon Kothias J.B., 1986. Analyse des débarquements des thonidés mineurs et poissons porte-épée en Côte-d'Ivoire en 1984-1985. Recl. Doc. Sci. ICCAT, 25, 262-264.
- Amon Kothias J.B., Hervé A., Bard F.-X., 1994. Update of quantities of minor tunas (*Auxis*, *Euthynnus*) and small tunas (skipjack, yellowfin, bigeye) landed as market fish in Abidjan, 1981-1983. Recl. Doc. Sci. ICCAT, SCRS/93/118.
- Amon Kothias J.B., Bard F.-X., Hervé A., 1996. Mise à jour des quantités de « faux poissons » débarquées par les senneurs à Abidjan. Recl. Doc. Sci. ICCAT, SCRS/95/120.
- Anoh K.P., 1994. Contribution à l'étude du réseau de distribution des ressources halieutiques marines en Côte-d'Ivoire. Thèse de doctorat de 3^e cycle de géographie, option géographie des mers et exploitation des océans. Université nationale de Côte-d'Ivoire, faculté des lettres, arts et sciences humaines, département de géographie, 323 p. + annexes.
- Ariz Telleria J., Gaertner D., 1998. Proyecto de investigación europeo sobre el patudo. Estado actual de las investigaciones. Recl. Doc. Sci. ICCAT, 48(2).
- Ariz Telleria J., Delgado de Molina A., Fonteneau A., Gonzales Costas F., Pallarés P., 1993. Logs and tunas in the Eastern Tropical Atlantic. A review of present knowledges and uncertainties. Recl. Doc. Sci. ICCAT, 40, 421-446.
- Bard F.-X., Amon Kothias J.B., 1985. Évaluation des débarquements de thonidés mineurs et istiophoridés au port d'Abidjan 1981-1984. Recl. Doc. Sci. ICCAT, 23, 333-336.
- Bard F.-X., Hervé A., 1993. Une conséquence inattendue de la pêche thonière sous épave artificielle : l'accroissement des ventes de thonidés mineurs à Abidjan. Recl. Doc. Sci. ICCAT, 40, 399-400.
- FAO, 1995. Code de conduite pour une pêche responsable. FAO, Rome, 46 p.
- Fonteneau A., Pallarés P., Pianet R., 2000. A worldwide review of purse seine fisheries on FADs. *In*: Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons. Le Gall J.-Y., Cayré P., Taquet M. (eds). Éd. Ifremer, Actes Colloq., 28, 15-35.
- Fréon P., Misund O., 1999. Dynamics of pelagic fish distribution and behaviour: effects on fisheries and stock assessment. Fishing News Books, Blackwell Science, Oxford, 348 p.
- Goujon M., Labaisse-Bodilis C., 2000. Effets du plan de protection des thonidés de l'Atlantique 1998-1999 d'après les observations faites sur les thoniers senneurs gérés par les armements français. *In*: Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons. Le Gall J.-Y., Cayré P., Taquet M. (eds). Éd. Ifremer, Actes Colloq., 28, 465-476.

- Hendrickson H.M., Griffin W.L., 1993. An analysis of management policies for reducing shrimp by-catch in the Gulf of Mexico. *North Amer. J. Fish. Manage.*, 13(4), 686-697.
- Hervé A., 1997. Mise à jour des quantités de « faux-poissons » débarquées par les senneurs à Abidjan. *Doc. Intern. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan*.
- Marsac F., Fonteneau A., Ménard F., 2000. Drifting FADs used in tuna fisheries: an ecological trap? *In: Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons*. Le Gall J-Y., Cayré P., Taquet M. (eds). Éd. Ifremer, Actes Colloq., 28, 537-552.
- Pascoe S., 1997. By-catch management and the economics of discarding. *FAO Fish. Tech. Pap.*, 370, 137 p.
- Weigel J.Y., 1989. La commercialisation du poisson en pays lagunaire ivoirien. *Étud. Thèses Inst. Fr. Rech. Sci. Dév. Coop.*, 138 p.

The significant contribution of FADs to Solomon Taiyo Limited's fishing operations

Milton B. Sibisopere

Solomon Taiyo Ltd, PO Box 965, Honiara, Solomon Islands - hs@stl.com.sb

Abstract

From 1972, when Solomon Taiyo Limited (STL) started a pole-and-line fishing operation, to 1980, STL vessels had been catching tuna almost exclusively from surface free-swimming schools. In 1981, a FAD programme group purse-seining fishing operation, using the Filipino "payao" model, was put in place. Results were excellent and STL vessels quickly adapted their fishing methods to make the best use of FADs. STL slightly modified the original payao design to better suit its own needs and nowadays, about 90% of the group purse seine catch, i.e. 5,800 t annually, and around 60-70% of the pole-and-line catch, i.e. about 15,000 t annually, come from FAD fishing. FADs bring benefits not only to STL but also to the rural communities of the region. For STL, it allows savings on the operational costs, especially those of pole-and-line fishing operations, reduction of searching time and a better regularity of fish landings. For the rural communities, it gives better returns to bait-ground owners through royalties paid by STL for their bait-fishing boats and it allows local fishing communities (known as canoe-fishermen) to increase their catches using fishing methods (artisanal) such as trolling and midwater handlines set around FADs. This provides fish for family consumption and a source of income from fish sold. Overall, the importance of FADs to STL's fishing operation, and therefore to the local economy as a whole, is high, although no precise value can be attached to it.

Introduction

The Solomon Islands have about 900 islands scattered between 05°-13°S latitude and 155°-171° E longitude (fig. 1). Six large mountainous islands with other smaller islands lie in a double chain formation called the Main Group Archipelago (MGA; fig. 2). Numerous other small islands are scattered to the southeast of the MGA. With the scattering of islands, the Solomons have an exclusive economic zone (EEZ) of around 1.3 million km² (Anon., 1994).

The fishing grounds around the Solomons are rich in tunas, and large areas are available for catching live bait in lagoons for pole-and-line fishing operations. Purse seining is also carried out in offshore waters targeting surface schools of tunas, while longlining for larger, deeper-swimming tunas is also carried out in some areas. Skipjack tuna

(*Katsuwonus pelamis*) is the principal tuna species taken in the waters of the Solomon Islands, followed by yellowfin tuna (*Thunnus albacares*), and to a lesser degree, bigeye tuna (*Thunnus obesus*) and albacore tuna (*Thunnus alalunga*). The total catch of all species from 1985 to 1995 for both domestic and foreign fishing operations in the waters of the Solomon Islands were consistent at around 40,000-50,000 mt annually, except for 1995, when the catch increased by some 48 per cent to 74,000 mt (FFA, 1996).

Figure 1
The location of the Solomon Islands in the Western Pacific.

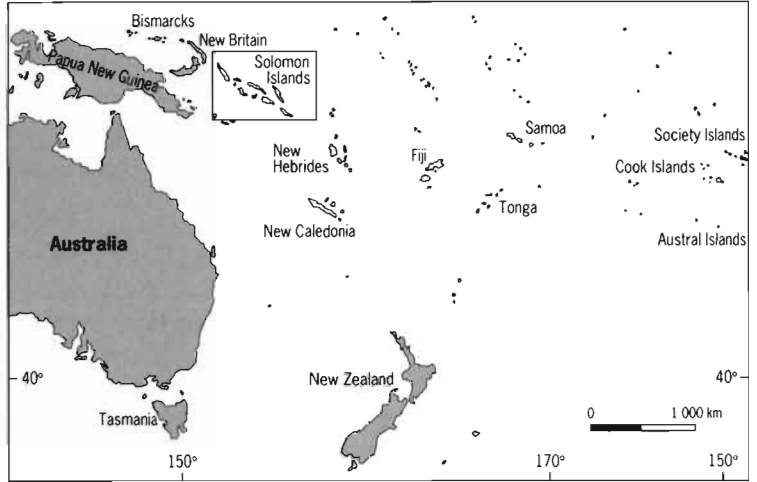
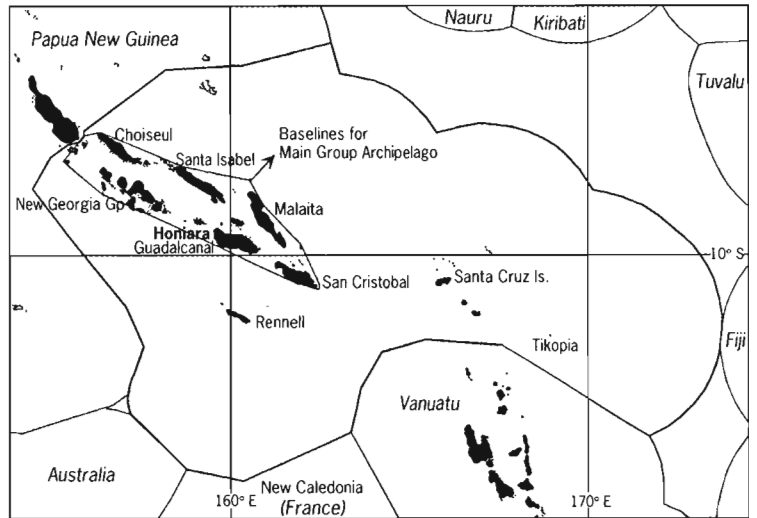


Figure 2
Solomon Island's EEZ showing the Main Group Archipelago (MGA).



Fish exports have been very important to the Solomons. In the 1980s, fish exports, mainly canned and frozen tuna, made up 25-30 per cent of the total exports by value. However, in the late 1980s and early 1990s, logging became the main export earner for the Solomon Islands, although fish exports remained around the same level. With logging greatly restricted in the mid-1990s, it is expected that fish exports will again overtake logging (CBSI, 1999).

The main focus of this paper is to provide information on the importance and growing reliance on FADs to the fishing operations of Solomon Taiyo Limited, and is not written as a scientific or academic paper. Much of the information presented here is anecdotal, collected from the fishing skippers, managers of the fishing operation, and from records kept by the company. The landings of catch by fishing method are precise, however, the split between FAD and non-FAD associated catches are estimated by percentage, based on the information provided by vessel skippers.

History of Solomon Taiyo Limited

Solomon Taiyo Limited (STL) was established in 1972 as a joint venture between the Solomon Islands government and Taiyo Fishery Company Limited (renamed Maruha Corporation in 1993) of Japan. The company has been governed by three sets of joint venture agreements:

- Joint venture agreement 1 (JVA1, 1972-1980): Initially, Taiyo Fishery Company Ltd held 75 per cent of the shares with the Solomon Islands government holding 25 per cent. This changed in 1979 with Taiyo Fishery Company Ltd holding 51 per cent and Solomon Islands government 49 per cent of the shares.
- Joint venture agreement 2 (JVA2, 1981-1992): Solomon Islands Government held 51 per cent of the shares and Taiyo Fishery Company Ltd held 49 per cent.
- Shareholders agreement (agreement no. 3; 1993 to present): This was a shorter and simpler agreement with the shareholding remained the same as JVA2, with Taiyo Fishery Company Ltd changing its name to Maruha Corporation Limited.

Since 1989, STL has consolidated all operations at its Noro base, Western Province and closed its first established base at Tulagi in Central Province, whilst its head office remains in Honiara. The key operations of the company are fishing, processing and marketing with supporting infrastructure, administrative and technical and engineering services.

The company currently employs about 2,300 persons, of which around 80 are expatriates. STL is the largest female employer in the country employing some 600 female workers in the cannery and smoking factory, and about 20 in other offices. Today the company owns and operates 21 pole-and-line fishing vessels and 4 group purse seine fishing vessels working as a unit.

Fishing operation

The main fishing grounds for fishing vessels, both pole-and-liners and group purse seiners, are within the Main Group Archipelago (MGA) waters including the 12-mile territorial waters. The government grants STL, free access to its fishing waters through a licensing system, which is now covered under a new Solomon Islands National Tuna Management and Development Plan (Solomon Islands Government, 1999).

Solomon Islands have the biggest domestic tuna industry in the Pacific Island nations. STL prides itself as being the founder of the domestic tuna industry, and is continuing to play a key role in this industry. This company represents some 70-80 per cent of the total output of the tuna industry in the Solomon Islands, which is responsible for about 30 per cent of the country's export earning. The company's average catch by pole-and-line vessels is around 20,000 mt a year and by group purse seine vessels, around 5,500 mt a year.

Availability of live bait for pole-and-line fishing operations is essential. Rural baitground (reef) owners, sometimes referred to as baitground communities, receive valuable income through payment of baitfish royalties by STL to gain access to baitfishing grounds. For example, in 1994, baitground communities received SID\$ 274,139 (US\$ 54,828); in 1995, SID\$ 339,489 (US\$ 67,898); in 1996, SID\$ 380,857 (US\$ 76,171); in 1997, SID\$ 412,393 (US\$ 82,479); and in 1998, SID\$ 526,237 (US\$ 105,247). STL actively uses 43 baiting grounds in three Provinces under a three-year term (renewable) baitfishing agreement.

Processing, production and marketing

STL's cannery utilizes about 15,000 mt of raw materials producing some 1.1 million cases of tinned tuna per year. The *arabushi* smoking factory uses some 4,500 mt of raw materials, producing about 950 mt of smoked fish per year. Fishmeal production, mainly using the offal and waste from canning and smoking operations (heads, guts, bones, red meat, etc) amounts to about 1,000 mt a year. The remainder of the catch from company vessels is exported mainly to Japan and Thailand as frozen whole fish.

About 820,000 cases of canned tuna are exported annually of which 80 per cent are exported to Europe. The domestic market absorbs another 280,000 cases of canned tuna as well as quantities of fishmeal and frozen fish. Other markets for fishmeal are Papua New Guinea and Australia. Smoked fish products (*arabushi*) are exported exclusively to Japan.

The development of FADs by Solomon Taiyo Limited

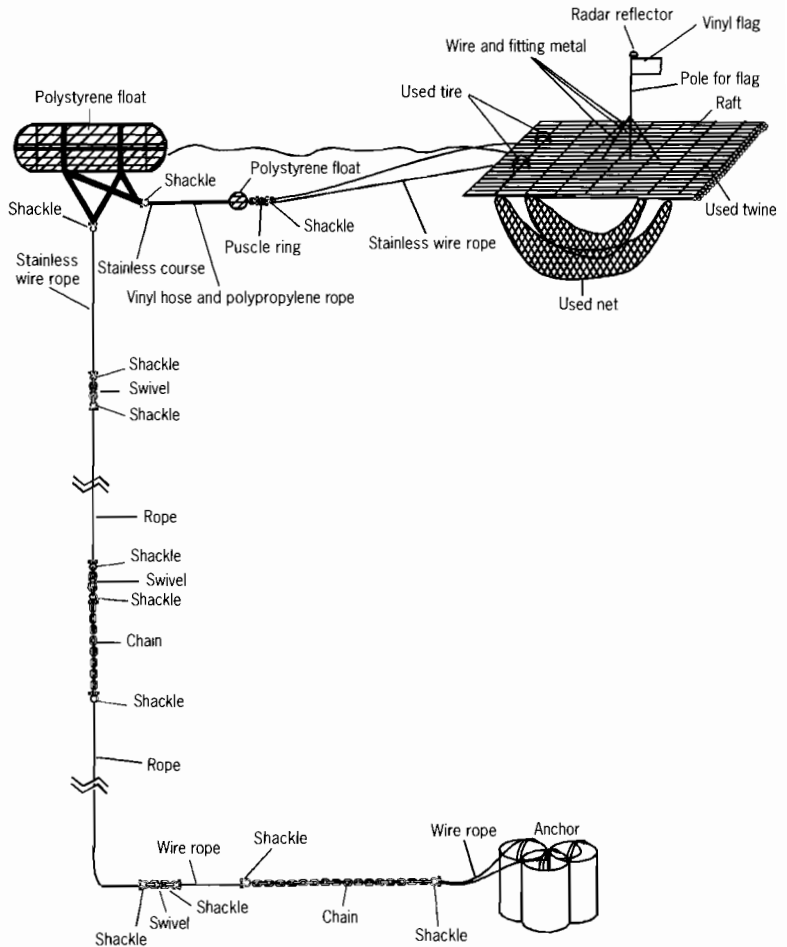
The deployment of anchored FADs by STL began in 1981 when the group purse seine fishing started. This type of fishing method relies heavily on anchored FADs, which aggregate fish to set points and from which fish are caught by encircling them with the purse seine net. The company's pole-and-line operations have also started to use the FADs increasingly over time.

Design used

The STL-type model originated from the Philippines model best known as “payao”, meaning “bamboo raft”. STL not only adopted the design from the Philippines, but also adopted the name as well. In its simplest description, a payao is an anchored bamboo raft. Through the rest of this paper, the word “payao” is used in preference to FAD.

Figure 3 illustrates the construction design of STL’s payao. The basic structure is the same as the Philippine model, with the main difference being the number of shackles and swivels and the type of ropes being used. The company uses more shackles and swivels and has replaced the Manila ropes with stainless-steel wire ropes. These measures are taken to give the payao better durability and strength in withstanding the often severe current and weather condition experienced in the waters around the Solomon Islands.

Figure 3
The FAD design used by STL.



Experience and cost of payaos

STL started with around 30 payaos being deployed in 1981. The numbers increased over time and today there are about 100 payaos set around the MGA waters. The submerged part of the payao (the mooring) is expected to last about a year, whereas the floating part of the payao, bamboo raft, sometimes lasts about six months. Not all payaos have the expected lifespan, with many losses caused by strong current force. Other reasons of loss and damage are assumed to be caused by tuna longline fishing activity (longline gear tangling on mooring line) and by poachers (illegal use by others who do not care about the payao).

No separate costing is kept on payao expenses, making it impossible to give an accurate costing analysis. Payao capital cost and most of the related operating costs form part of the overall group purse seine fishing costs. Other payao related costs are accounted for in the pole-and-line operating cost. Nevertheless, the estimated cost of constructing a payao set is about SID\$ 12,000 (US\$ 2,400) and the recurrent cost is estimated at about SID\$ 1.5 million (US\$ 300,000 plus) per year.

Repair and maintenance programme

A small payao section has been established within the fleet operations department at Noro base. This Section is solely responsible for the construction of payao sets, and provides the fleet with supporting service in regard to the payao maintenance programme.

Repair and maintenance works are actually carried out by the group seine vessels, especially by the crews of the work boat. Repair and maintenance is largely the on-going task of the work boat crew of nine. At times they are assisted by the other three vessels when necessary. The function of the work (light) boat is to install the payao sets, monitor the aggregated schools around the payaos, regularly liaise with the fishing master of the net boat and carry out regular repair and maintenance of the payaos. Choosing the locations for each payao is largely decided by the fishing master in consultation with his vessel executives.

Regulatory measures in the Solomon Islands

There are no specific government regulations existing at present that governs such requirements as special licensing, marking procedures, etc. However, a start has been made to monitor the effects of FADs deployed in the Solomon Islands fishery waters. Under the newly implemented Tuna Management and Development Plan for the Solomon Islands (Solomon Islands Government, 1999), under the auspices of the new Fisheries Act 1998, certain conditions are laid down for FAD operators to adhere to. These include:

- FAD register: operators will be required to provide information on the ownership, type (anchored or free-floating), location, number and any other relevant information, for the purpose of the FAD register to be established by the fisheries department;

- Catch monitoring: through licence conditions operators will be required to record FAD catches in the prescribed log book forms;
- Restriction on deployment: restriction on deployment zones will be specified in the fishing licence condition. However, no restriction on the number of FADs is set under the Plan but could be introduced in the future at the discretion of the director of fisheries;
- Exclusion zone: the Plan restricts other vessels from fishing within five nautical miles of any FAD or payao belonging to a qualified fishing company.

The significance of payaos to STL's fishing operation

There is no doubt in the experience of STL that the anchored payaos are critical to the sustainable fishing of both the group purse seine operation and the pole-and-line operation, all year round. Whilst anchored payaos were originally deployed for the group purse seine operation in 1981, the company's pole-and-line fishing vessels have increasingly utilized them as well. Now, anchored payaos are heavily used by its two fishing operations.

STL, under the new Tuna Management and Development Plan, is given permission to deploying its anchored payaos within the inner MGA (fig. 2), and within the 12-mile territorial waters, except on the shipping lanes as advised by the Marine Authority. This decision is very important, as it allows easy access for the pole-and-line vessels from the baiting grounds to the fishing grounds established by these anchored payaos and increases fishing activities through quick turn-arounds.

Catch performance of the group purse seine operation

The group seine fishing operation has relied heavily on the anchored payaos since its commencement in 1981. An estimated 90 per cent of this operation activity and catch is based on fishing around the company's anchored payaos. The balance of activity and catch for this operation comes from fishing around floating logs or setting on free-swimming schools. Table 1 shows the catches taken by STL's group purse seine operation.

Table 1 - Estimate of catch split by set type from total catch for STL's group purse seine operation (1994–1998).

Fishing activity	1994	1995	1996	1997	1998
Payao contribution 90%	6 196	6 668	5 672	5 705	4 677
Rest from floating logs, free-swimming schools, etc.	688	741	630	634	520
Total catch	6 884	7 409	6 302	6 339	5 197

The figures in table 1 clearly show just how important payao fishing is to the group seine in using the payaos. Fishing around floating logs makes up about 2 or 3 per cent of the total catch of the operation. Together with

the anchored payaos, the overall effect of FADs (anchored and floating) has contributed almost 95 per cent of the total catch of the group purse seine operation annually. This confirms how important payaos are to this type of fishing for STL.

Catch performance of the pole-and-line operation

Pole-and-line fishing is the main fishing method used by STL ever since the establishment of the company in 1972. Before the deployment of anchored payaos, pole-and-line fishing concentrated on free-swimming schools and floating logs. However, following the deployment of anchored payaos, pole-and-line fishing became increasingly reliant upon payaos and since about seven years ago (early 1990s) an estimated 60 or 70 per cent of total catch is derived from payao fishing as shown in table 2. The rest of the catch is from floating logs and free-swimming schools.

The double-digit inflation rate and very weak Solomon Islands dollar against the major currencies, have continued to push up operating costs. Without payaos, it is believed the per-vessel operating cost per metric ton would have been much higher than that shown in table 2. The presence of payaos has contributed to operational cost savings through saving time in steaming and searching, and quicker turn-around times between baiting grounds and payao locations. However, the lack of available costing analysis makes it difficult to put a real value on payaos to the fishing operation. It is assumed that some real cost savings are realized in such area as fuel cost.

Table 2 - Estimate of catch split by set type from total catch for STL's pole-and-line operation (1994-1998).

Fishing activity	1994	1995	1996	1997	1998
Payao contribution 60%	17 764	16 663	12 340	11 860	13 811
Rest from free-swimming schools and floating logs (40%)	11 843	11 108	8 227	7 906	9 208
Total catch (mt)	29 607	27 771	20 567	19 766	23 019
Average operating cost/mt-SID\$	1,988	1,790	2,229	2,587	2,187
(US\$ equivalent*)	(417)	(376)	(468)	(543)	(459)
Average annual catch (mt)/vessel	1 032	1 389	979	1 049	1 096

* Exchange rate of US\$ 1.00 = SID\$ 0.21 used.

Payaos have attracted the schools to set points which are fished by the pole-and-line vessels thus reducing the high frequency of fishing on free-swimming schools and floating logs, as was the case before 1992. During bad weather, especially during the cyclone period and south-east trade winds, pole-and-line fishing vessels can still go out fishing around the payaos located in more sheltered locations, thus enabling fishing to continue.

Conservation and sustainability measures

STL holds itself to be responsible in undertaking good fishing practice measures which promote and maintain effective conservation and sustainability of tuna resources in the Solomon Islands. STL believes its group purse seine and pole-and-line based payaos fishing does not cause any significant ecological harm to the Solomon Islands fishery environment.

There is no evidence from the company's catches that there are any increasing landings of juvenile and undersized commercial tuna fish from fishing around payaos. In support of this, the company applies its own restrictive management in payao fishing for all of its vessels.

The company has implemented a minimum size of 1.5 kg for tunas landed to their operation, whilst the Fisheries Authority's size limit in the Solomons is 1.0 kilogramme. The fishing master of the group purse seine operation is required to ensure fish sizes below the minimum size limit are returned alive by opening the purse seine net, or not set on an aggregated school if the echosounder indicates the fish sizes are too small. In certain instances where below minimum size fish are caught, they are still landed and used for smoked fish (*arabushi*). Thus there is no real wastage through discarding at sea. However, the company penalizes the crew by reducing their bonus rate for any undersized fish below the company's minimum size. Imposition of such a penalty discourages catching of very small tunas, and promotes conservation and sustainability measures. A similar penalty is applied to pole-and-line fishing vessels if undersized fish are caught, although still landed and used fully by the company.

By-catch represents about 2 or 3 per cent of the total catch of the group purse seine fishing operation. By-catch species are mainly island bonito (*Auxis thazard*), rainbow runners (*Elagatis bipinnulata*) and kingfish (*Acanthocybium solandri*), which are landed at the base. Except for the island bonito, which is used by the smoking factory, the other by-catch species are all sold at the local market.

Socio-economic impact of payao

Rural-based canoe fishermen (long, thin, outboard-powered fibreglass vessels called canoes) are increasing in number by using the payaos as their best fishing grounds. They use two fishing methods: trolling (several single lines with lures) and midwater handlines either using baited hooks or jigs. They catch both tunas and other species like rainbow runner, kingfish and trevally (several species). Catch from the payao provides the rural people their basic fish diet and also a good source of generating much needed income.

Catch data by the canoe fishermen using payaos are non-existent, but it is a known fact that there is an increasing involvement of rural canoe-fishermen in fishing activity using anchored payaos. Payao fishing by

canoe-based fishing methods is also used for providing fish for important social events, e.g. wedding feast, community functions, etc. Large quantities of fish can be caught in one, or combined operations by several canoe-fishermen for such a purpose. STL does not discourage this sort of canoe-based fishing activity from around their payaos, even though the full cost of constructing, deploying and maintaining these devices is borne by the company.

Ongoing development

The productive fishing areas of the inner and outer MGA are believed to be sustainable and the number of deployed payaos (replacement as well as new additions) pose no real danger to the tuna resources in these waters. If anything, they enhance the fishing in these areas by concentrating and holding tuna schools at specific locations.

The new Solomon Islands National Tuna Management and Development Plan, which came into effect on 1 June 1999, will be the key vehicle in ensuring the tuna fishery in the Solomon Islands is responsibly managed and monitored. It is hoped that in due course proper scientific research will be carried out on payao (FAD) fishing in the Solomon Islands, and its impacts on the resource and fishing environment, under the auspices of the Tuna Management Plan.

Conclusion

Payao or FAD fishing plays an important and critical role in the commercial fishing operations of Solomon Taiyo Limited. It is a proven method of assisting sustainable fishing and enhancing catching performance of both fishing techniques employed (purse seine and pole-and-line groups) by the company. Without payaos, the viability of STL's fishing operation would be greatly reduced to the current situation.

Bibliographic references

- Anon., 1994. Annual report 1994. Ministry of Natural Resources. Fisheries Division, Solomon Islands government, Honiara, Solomon Islands, 39 p.
- CBSI, 1999. Annual report 1998. Central Bank of the Solomon Islands, Honiara, Solomon Islands, 98 p.
- FFA, 1996. Solomon Islands tuna policy review. Forum Fisheries Agency, Economic & Marketing Programme, Honiara, Solomon Islands. FFA Rep. 96/36, 52 p.
- Solomon Islands government, 1999. Solomon Islands National Tuna Management and Development Plan. Solomon Islands Government, Honiara, Solomon Island, 83 p.

Bilan et perspectives de développement des DCP au Cap-Vert

Hélène Rey-Valette⁽¹⁾, Périclès Martins⁽²⁾

(1) Faculté de sciences économiques, BP 9606, 34054 Montpellier Cedex 1, France
rey@sceco.univ.montpl.fr

(2) Institut national de développement de la pêche, service de technologie des pêches
et de produits marins, CP 132, Mindélo, San Vicente, Cap-Vert

Abstract

A new programme concerning the experimentation of about thirty Fish Aggregating Devices (FADs) is to start in the Cape Verde Islands at the end of 1999. In this context, this communication is intended:

- to evaluate the halieutic, economic and social conditions of the artisanal fishery in this archipelago, notably in terms of assets and constraints. Although these conditions are very heterogeneous depending on islands, the FADs seem to be able to help the stabilization and the development of the fishing activities, disadvantaged by a low productivity, limited operating ranges of boats, and very irregular outings at sea... But the narrowness of the domestic market is likely to cause drops in the fish prices if the production increases, while the absence of institutional framework may be a handicap at the level of the management (of the programme itself, and/or of some possible conflicts of uses);
- to carry out an assessment of the former experiments. It emphasized the insufficiency of the follow-up and the maintenance of the structures, of which the lifespan varied at the most between four and six months, as well as the positive effects of the concentration, and the interest of the fishermen already sensitized with these structures.

Introduction

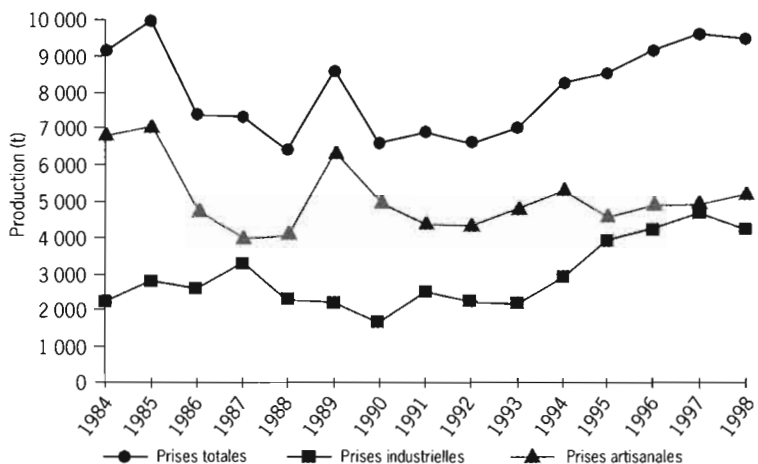
De par son caractère d'archipel, le Cap-Vert dispose d'une ZEE de 734 265 km² exploitée par des pêcheries nationales, industrielle et artisanale, ainsi que par des flottilles étrangères dans le cadre des accords de pêche. Le poids économique du secteur de la pêche au Cap-Vert reste globalement faible (5,7 % du PIB et 6 % de la population active en 1995) mais sa contribution aux recettes d'exportation est importante (44 % en moyenne entre 1992 et 1995) ainsi que son rôle nutritionnel, puisque le poisson constitue la principale source de protéines (Forest, 1994; Hallier, 1995; FAO, 1996). Ce bilan global masque des disparités importantes entre les neuf îles de l'archipel dont certaines dépendent plus largement de la pêche. Comme de nombreux États insulaires aux ressources démersales limitées par la faible étendue des plateaux continentaux, l'implantation de DCP apparaît comme une voie privilégiée de développement du secteur halieutique. Cinq expériences

ont été menées depuis 1983 qui, du fait de difficultés d'information, de suivi et d'entretien ont eu des résultats décevants quant à la durée de vie des dispositifs. Néanmoins, ces expériences ont permis une sensibilisation des pêcheurs qui sont aujourd'hui très demandeurs de DCP, ceux-ci constituant à leurs yeux une réponse à la baisse des prises de thonidés ainsi qu'un moyen d'accroître la sécurité en mer et, par là, de régulariser le nombre de sorties. Cependant, même si elle est un atout incontestable, l'existence de cette demande des pêcheurs ne peut présumer de la réussite d'un programme d'implantation de DCP. En effet, la pluralité et la complexité des impacts nécessitent d'envisager les conditions d'intégration de ces programmes de plusieurs points de vue (écologique, halieutique, économique et social) au niveau des systèmes halieutiques pris dans leur globalité (Rey-Valette, 1998; Rey-Valette & Cayré, 2000). Dès lors, avant la mise en place d'un nouveau programme d'immersion, il paraît opportun d'effectuer un diagnostic des atouts et contraintes de la pêche artisanale au Cap-Vert par rapport à l'implantation et l'intégration à moyen terme des DCP et indispensable de dresser un bilan rigoureux des implantations passées.

Quelques repères quant à l'adaptation du contexte halieutique et économique cap verdien par rapport aux DCP

La pêche artisanale apparaît comme la principale composante du secteur halieutique au Cap-Vert, avec cependant un « rattrapage » récent de la pêche industrielle, lié à une nouvelle composante semi-industrielle de pêche pélagique développée dans le cadre d'un projet Fida¹ (fig. 1). Selon les dernières données disponibles, la pêche artisanale concernait, en 1998, 5 724 pêcheurs et 1 400 embarcations (appelées botes) pour une production de 5 242 t débarquées depuis 95 sites de débarquement.

Figure 1
Contributions artisanale et industrielle à la production halieutique du Cap-Vert.

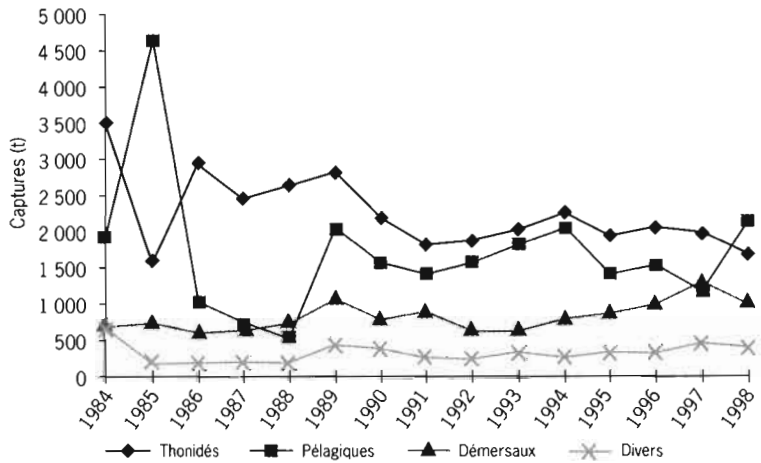


1. Fonds international de développement agricole.

La baisse et la variabilité des débarquements de la pêche artisanale dénotent un besoin par rapport à l'implantation de DCP

L'évolution des captures de la pêche artisanale par groupe d'espèces fait apparaître une dégradation des prises de thonidés, cibles traditionnelles de cette pêche (fig. 2). Cette tendance intervient parallèlement à une progression importante de l'effectif des pêcheurs (de 3 300 en 1984 à 5 700 en 1998). Elle se traduit donc par une forte baisse des rendements, situation qui peut expliquer leurs attentes vis-à-vis des DCP, les thonidés devant être *a priori* le principal groupe d'espèces attirées par les DCP.

Figure 2
Évolution des captures
de la pêche artisanale
par groupe d'espèces.



Par ailleurs, on observe, sur les quinze dernières années² (1984-1998), une variabilité interannuelle des prises de la pêche artisanale qui varient entre 4000 (1987) et 7000 tonnes (1985). Celle-ci peut être rapprochée de la forte variabilité interannuelle du nombre de sorties (fig. 3) qui s'explique à la fois par l'importante pluriactivité des pêcheurs artisans (18 % en moyenne et 23 % pour Santiago, où se concentrent 58 % des pêcheurs et par les caractéristiques de leurs embarcations dans une zone où les conditions climatiques sont souvent défavorables. Il s'agit en effet de barques de 3 à 8 mètres, avec de 3 à 10 pêcheurs à bord et un taux de motorisation qui varie entre 50 % et 100 % selon les îles (données 1998, fig. 4). La pêche peut s'effectuer de jour comme de nuit, sans dépasser généralement et traditionnellement 24 heures (Médina, 1995). Toutefois, de nouvelles stratégies de pêche semblent se développer; elles conduisent certaines embarcations à se doter de caisses de glace et à sortir pour des campagnes de plusieurs jours. Plusieurs techniques sont pratiquées mais avec une forte prépondérance de l'usage de la ligne à main (90 % des embarcations et 71 % des prises (voir tableau) qui donne lieu à plusieurs pratiques (calée, dérivante, à la traîne, de nuit ou de jour, avec ou sans appât...).

2. Le changement de système statistique en 1983 ne permet pas l'élaboration de séries à plus long terme.

Figure 3
Évolution de l'effort
de pêche artisanale mesuré
en jours de pêche.

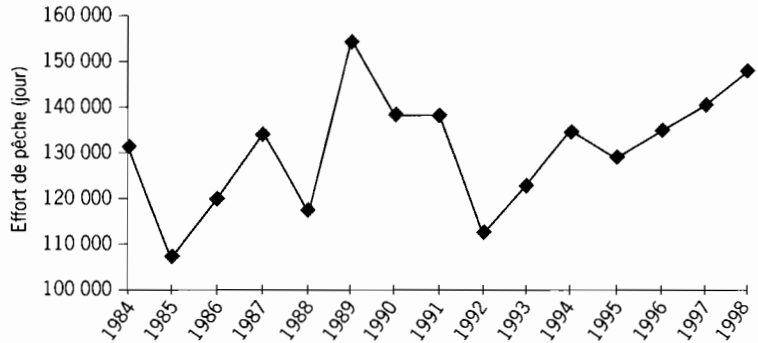


Tableau - Répartition des types de pêche artisanale : nombre de bateaux (botes), captures et rendements.

	Effectif botes		Prises		Rendements
	Nombre	%	Tonnes	%	(kg/jour)
Lignes de main	1 297	90 %	3 737	71 %	29
Filets encerclants (sennes)	50	3,5 %	1 359	25 %	374
Sennes de plage	40	3 %	68	1 %	167
Filets maillants	48	3,5 %	182	3 %	95
<i>Sous-total filets</i>	<i>138</i>	<i>10 %</i>	<i>1 610</i>	<i>29 %</i>	<i>270</i>
Total	1 435	100 %	5 347	100 %	40

Source : d'après bulletin statistique INDP 1995 (année de référence, 1994).

Si les éléments précédents convergent pour montrer l'existence d'un besoin de développement et de stabilisation de l'activité artisanale, il est important de tenir compte de l'hétérogénéité entre les îles des situations et des rendements (compris entre 16 et 72 kg/jour de pêche) avec notamment, malgré une variabilité plus forte qu'ailleurs et des rendements très moyens (27 kg/jour), l'importante concentration relative de l'effort et des captures au bénéfice de Santiago (fig. 4). Ainsi, d'un point de vue halieutique, les DCP ressortent comme une opportunité possible, en particulier pour l'île de Santiago. Mais, ce premier diagnostic positif doit être accompagné d'une lecture économique et sociale de leur impact qui, comme on va le voir, relativise ce premier constat.

L'organisation institutionnelle et commerciale constitue une contrainte à la réussite à moyen terme de l'intégration économique et sociale des DCP

L'analyse des conditions de réussite de multiples expériences de DCP montre, quels que soient les pays (Rey-Valette, 1998 ; Rey-Valette & Cayré, 2000), le rôle important de l'intégration des DCP, des points de vue économique (en particulier par rapport au marché) ainsi que sociologique concernant la gestion des conflits, le suivi et l'entretien des dispositifs qui nécessitent une organisation professionnelle adaptée. Celle-ci, souvent rudimentaire à l'origine, peut se construire à l'occasion et autour de l'objectif commun DCP, pour autant que des traditions d'entente et de gestion préexistent et/ou que des mesures de soutien institutionnel soient prévues en tenant compte des besoins spécifiques, notam-

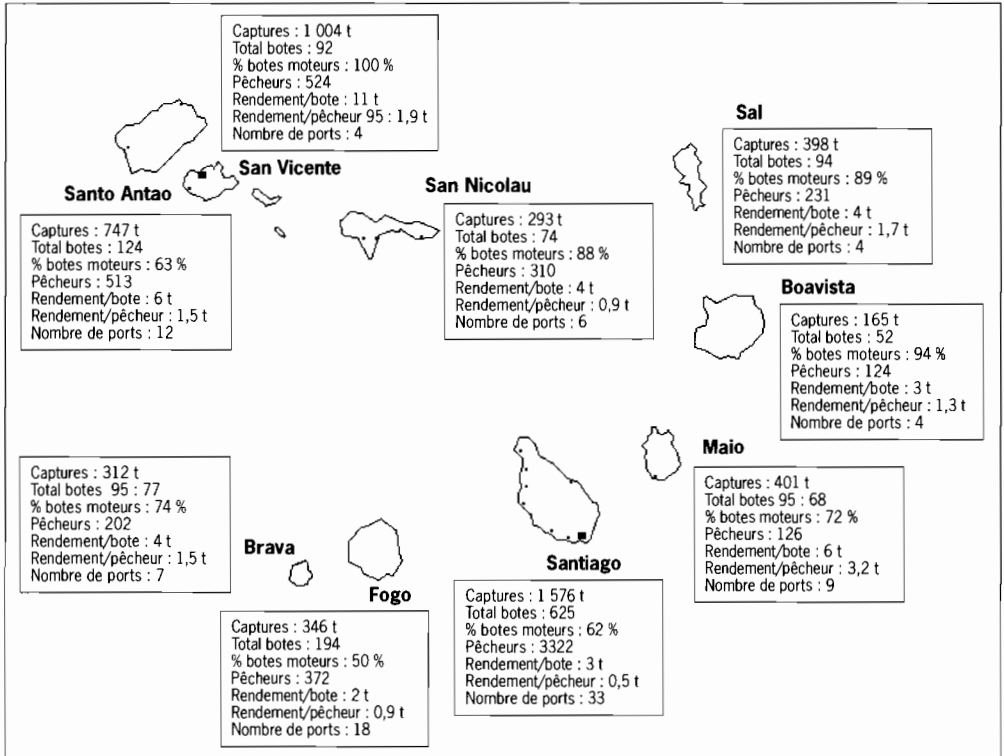


Figure 4
Disparités structurelles,
selon les îles, de la pêche
artisanale au Cap-Vert.

ment en termes de durée, des processus d'apprentissage institutionnel. De ce point de vue, dans le cas du Cap-Vert, les conditions économiques et sociologiques peuvent constituer des contraintes. Ainsi, une étude sociologique récente fait état de 75 communautés de pêcheurs, souvent peu liées, voire isolées et ayant un accès restreint aux services publics (Surpris, 1996). La pêche artisanale fait l'objet de peu de réglementation, hormis des règles de sécurité relatives au nombre de bateaux devant sortir ensemble (3 minimum) et au rayon de pêche maximum, qui semblent peu respectées par les pêcheurs (Dipa, 1995). De même, pour Santiago, il ne semble pas y avoir d'autorité coutumière propre à la communauté des pêcheurs, ni d'organisation collective, ni de structure de représentation professionnelle. C'est en général le pêcheur le plus instruit qui « parle » pour les autres. On n'observe donc pas de réglementation coutumière et l'accès aux zones de pêche semble être libre.

Au niveau des capacités d'absorption de l'aval de la filière et des marchés, il convient de souligner que la production de la pêche artisanale cap verdienne est essentiellement destinée au marché intérieur³, lequel

3. Tous types de pêche confondus, les exportations de poissons, crustacés et conserves de poissons atteignent 2248 tonnes en 1998. Sur la période 1988-1998 (à l'exception de l'année 1991 où elles sont quasi nulles), la part des exportations par rapport au total des apports nationaux varie entre 15 % et 32 % pour une moyenne qui représente un quart des apports (soit 1 800 tonnes). Néanmoins, cette contribution positive à la balance commerciale du pays est essentiellement le fait de la pêche industrielle et semi-industrielle.

se caractérise par l'importance des thonidés (54 % du marché en valeur) et de la consommation en frais qui représente 88 % de la production (Tettey, 1994 ; Mélicio, 1996). Le poisson est vendu entier ou vidé et débité en quartiers lorsqu'il s'agit de grosses pièces, avec un prix, au kilo ou à la part, qui varie selon les espèces et les îles. Ainsi, on note un écart de 20 % entre Praia et Mindélo, les deux principaux marchés (Mélicio, 1996). Il existe une forte hétérogénéité des ratios de consommation par habitant ainsi que de la disponibilité en poisson en fonction des îles (fig. 5). Ainsi, selon Hanneck (1986), 55 % de la population avaient un accès régulier au poisson, tandis que celui-ci était irrégulier pour 23 % et quasi nul pour les 22 % restant. De nos jours, il semble que des flux d'ajustement inter-îles se développent, en vue d'un approvisionnement national du marché, ce dernier étant largement lié à la répartition géographique de la population. Ainsi, les deux principaux marchés (Praia et Mindélo) concentrent un tiers de la population et la moitié du pouvoir d'achat national. Une analyse détaillée de l'origine géographique des débarquements à Praia confirme l'importance récente des flux inter-îles (essentiellement Maio) qui représentent 72 % du total débarqué (Laloë & Rey-Valette, 1997). En seconde position, on trouve les marchés des agglomérations de l'île de Santiago (Santa Catarina, Tarrafal, Santa Cruz...) favorisés par les facilités d'accès tandis que les autres îles constituent un segment de marché rural, assez étroit où persistent parfois des pratiques de troc, à l'exception de l'île de Sal où se concentre l'essentiel de la demande touristique du pays, qui occupe une place privilégiée. La commercialisation s'effectue par les vendeuses et revendeuses de poisson. Leur importance diffère selon les îles. L'évaluation la plus récente fait état d'un total de 1 600 revendeuses, ce qui dénote une relative stabilité par rapport aux données de Wiefels en 1989 (1 500 revendeuses). On note une forte implication des pêcheurs dans la commercialisation qui est structurelle à Fogo et qui concerne uniquement les surplus à Santo Antao et Santiago (Surpris, 1996). Dans tous les cas, le nombre d'intermédiaires paraît toujours limité (deux au maximum) et les marchés sont peu segmentés en dehors de l'aspect géographique. Les circuits sont courts puisque, du fait de l'étroitesse des territoires insulaires et du grand nombre de sites de débarquement (95), aucun centre de consommation n'est distant de plus de 20 km d'un point de débarquement (Wiefels, 1989).

Enfin, tandis que le marché de Praia est évalué à 1 000-1 200 tonnes annuelles (Lopez & Walter, 1993), l'analyse de la sensibilité des prix au débarquement témoigne pour l'année 1996 d'une élasticité des prix aux quantités, c'est-à-dire d'une propension des prix à baisser en fonction de l'abondance (Laloë & Rey-Valette, 1997). Ainsi, dans l'hypothèse où les DCP entraîneraient une augmentation significative des prises, l'étroitesse du marché intérieur, malgré une préférence favorable aux thonidés, apparaît être une contrainte qui laisse augurer une baisse des prix.

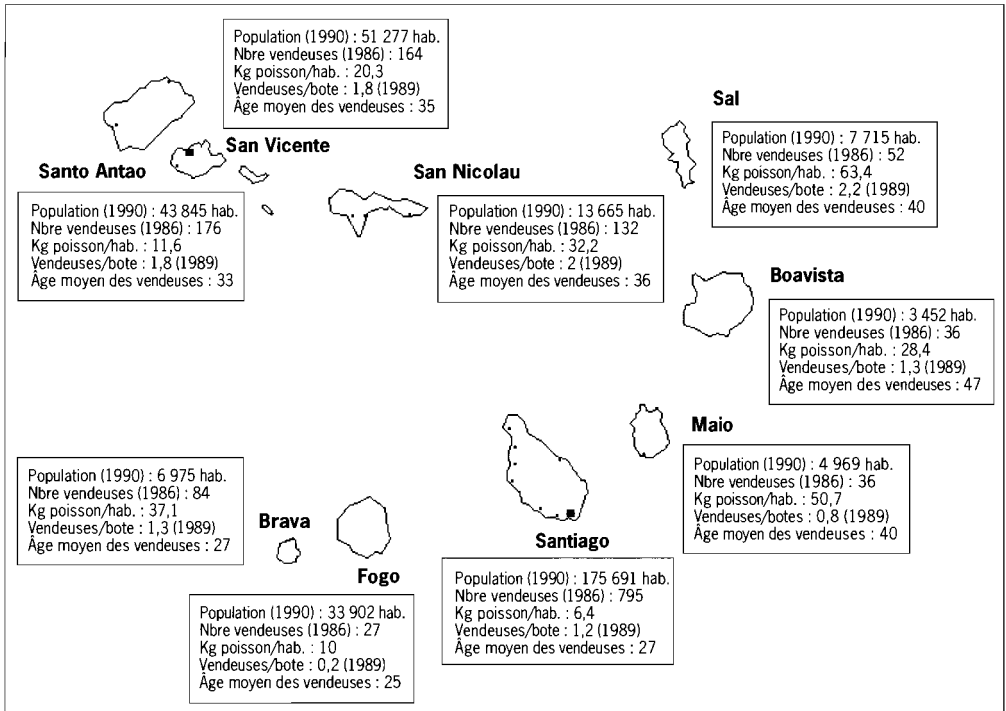


Figure 5
Données structurelles
relatives à la commerciali-
sation des produits
de la pêche artisanale.

Historique des implantations de DCP au Cap-Vert

Après ce bref diagnostic des conditions d'implantation des DCP, il convient d'effectuer un bilan rétrospectif des expériences passées et des contraintes rencontrées dans ce pays. Cinq expériences au total ont été réalisées⁴, dont on peut souligner la diversité tant par les objectifs poursuivis (appâts pour la pêche industrielle, développement de la pêche artisanale) que par les types de matériels ou l'origine institutionnelle des projets (fig. 6).

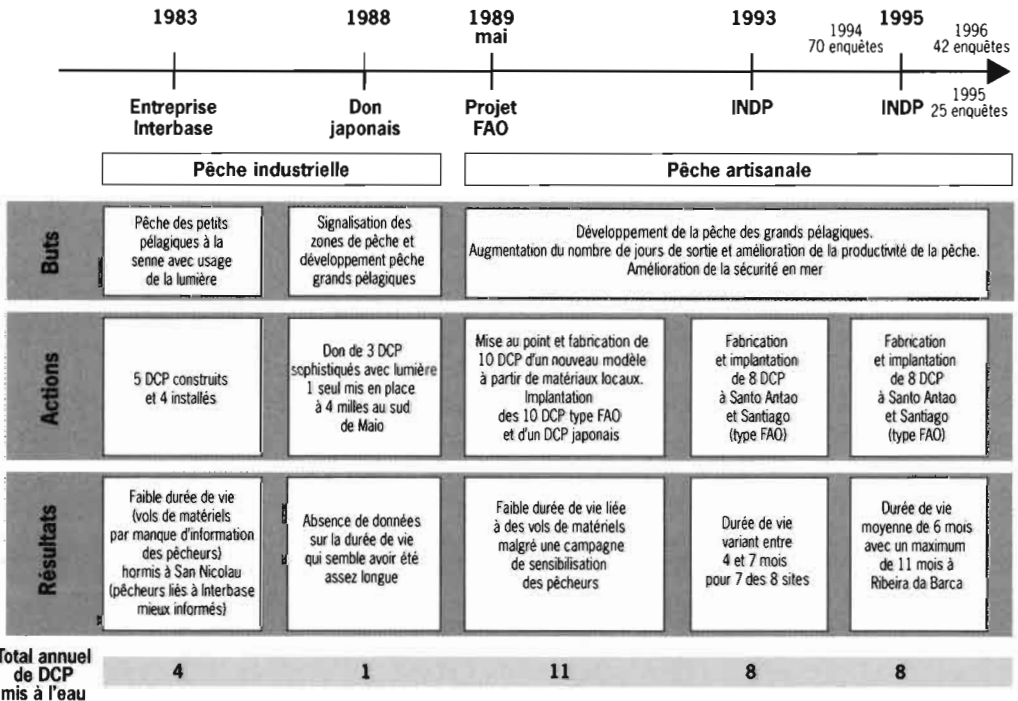
La première pose de DCP a eu lieu durant l'été 1983 par la société d'État Interbase. Il s'agissait de développer la pêche à la senne d'appâts pour la pêche industrielle. Cinq DCP ont été construits (à partir de panneaux de filets tendus entre des cadres horizontaux), dont quatre ont été posés à Boavista, Sal, Santo Antao et San Nicolau à des distances importantes de la côte (fig. 7). Trois d'entre eux ont disparu très rapidement à la suite d'actes de malveillance tandis que celui posé à proximité de l'île de San Nicolau est resté un peu plus de trois mois.

Après un essai isolé lié à un don du gouvernement japonais en 1988, la première opération de construction et pose de DCP pour le développement

4. Il semblerait que des expériences de DCP aient été envisagées à Fogo et Brava dans le cadre du programme de promotion de la pêche artisanale mené par la coopération allemande (GTZ) sur ces îles, mais elles n'ont pas donné lieu à des implantations effectives.

de la pêche artisanale a été réalisée dans le cadre d'un projet FAO (Wood, 1989). Un prototype de DCP (FAO) a été mis au point en s'inspirant du modèle déjà expérimenté à l'île Maurice et en l'adaptant de façon à utiliser le plus possible les fournitures et la main-d'œuvre locales. Seul le système d'ancrage a dû être importé. Au total, dix DCP ont été construits pour un prix de revient individuel de 63 000 escudos, soit environ 4 000 F (dont les trois quarts de production locale). Ces dix DCP, ainsi qu'un des deux DCP japonais restants, ont été mis en place au mois de mai 1989 dans cinq des îles du Cap-Vert (1 à Santo Antao, 2 à San Vicente, 2 à San Nicolau et 6 à Santiago; fig. 7) à des profondeurs comprises entre 240 et 400 m et entre 0,35 à 15,5 milles de la côte (Wood, 1989). Une campagne d'information (radio, télévision, prospectus) a accompagné ces implantations; un mois après, des phénomènes d'attraction des bancs de poissons ont été observés (Wood, 1989). Une expérience complémentaire de récif artificiel flottant à partir de quatre DCP reliés a été tentée, sans succès (Anon, 1995). Trois récifs ont été construits et un seul mis en place à l'île de San Nicolau; celui-ci est resté seulement un mois. Toutefois, tandis que Wood (1989) mentionne un faible intérêt des institutions locales pour les DCP, il apparaît que ces premiers dispositifs aient assez rapidement disparu, soit par le fait d'actes de malveillance (vols de matériels), soit par l'usure naturelle faute de suivi et d'entretien (Ramos, 1995).

Figure 6
Synthèse chronologique
des opérations de DCP
au Cap-Vert.



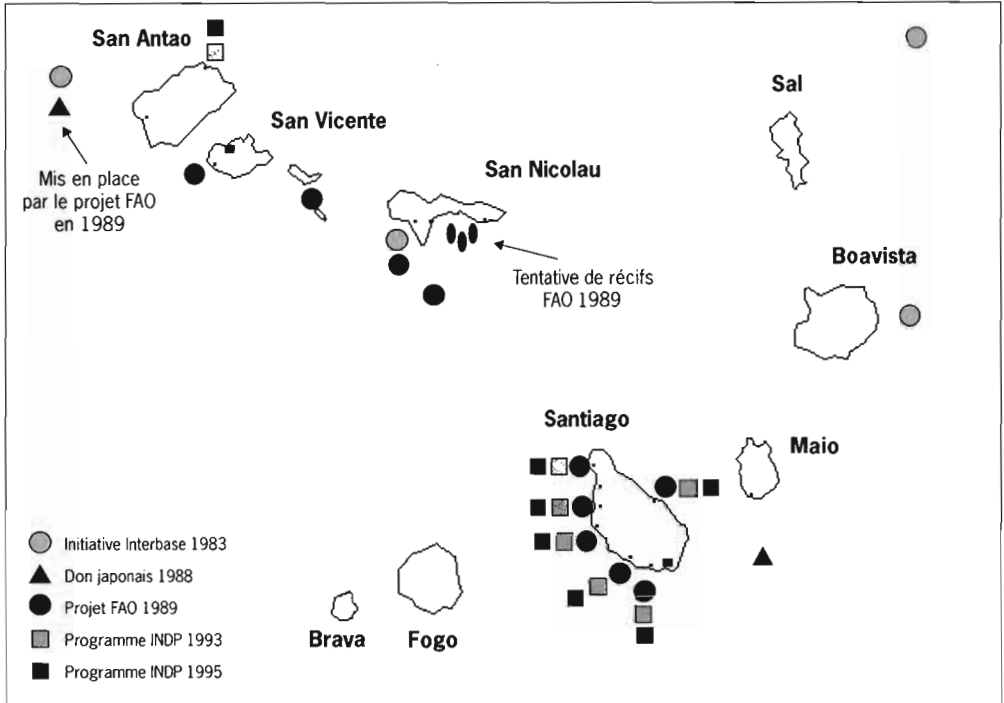


Figure 7
Récapitulatif des sites
concernés par les différents
programmes.

Reprenant le modèle de DCP mis au point par Wood ainsi que le choix des sites d'implantation, l'INDP⁵ a ensuite pris l'initiative d'une nouvelle opération en 1993 (Ramos, 1995). Celle-ci n'a pu, pour des raisons financières et des contraintes de navigation, avoir l'importance initialement envisagée quant au nombre de DCP. Huit dispositifs ont été mis en place dans les îles de Santo Antao et de Santiago, en collaboration étroite avec les pêcheurs tant pour le choix des emplacements que pour la pose qui s'est effectuée à des profondeurs maximales de 300 m et à une distance maximale de 2 milles de la côte. Tandis qu'un des dispositifs a disparu très vite du fait des courants, sept se sont avérés fonctionnels pendant quelques mois. Toutefois, du fait de l'absence de budget d'entretien, leur durée de vie est restée comprise entre 4 et 7 mois. Le bilan de ce programme fait état d'un minimum de 15 jours pour que le DCP devienne fonctionnel (Ramos, 1995). Le coût unitaire de ces DCP construits à Mindélo s'élevait à 102 500 escudos (soit environ 7 000 F dont un tiers pour la pose). Des opérations de vulgarisation et d'accompagnement ont aussi été réalisées qui ont permis, en particulier, la diffusion d'une plaquette présentant les sites et les pratiques de pêche et de navigation recommandées autour des DCP. L'année suivante (1994), une enquête a été réalisée auprès de 70 pêcheurs, montrant

5. Institut national pour le développement des pêches.

qu'en majorité ceux-ci considèrent que les dispositifs leur ont permis d'accroître leurs rendements sur la plupart des espèces de grands et petits pélagiques (Ramos, 1994).

Une seconde opération de mise en place de DCP a été réalisée à nouveau par l'INDP en 1995, avec des résultats similaires et les mêmes contraintes quant au budget et à la disponibilité d'un bateau qui ont empêché le suivi et l'entretien nécessaire au maintien des dispositifs. Ainsi, la durée de vie de ces dispositifs, qui ont été implantés dans les mêmes sites qu'en 1993, a été légèrement supérieure (6 mois) avec une exception notable à Ribeira da Barca où le DCP est resté 11 mois. Une autre enquête sur la perception des pêcheurs a été réalisée en 1996 (42 questionnaires). Elle atteste de l'intérêt des pêcheurs qui sont pour les trois quarts favorables au développement de ces dispositifs, dont ils disent qu'ils leur ont permis d'augmenter les prises essentiellement effectuées avec des lignes à main et constituées d'albacore (*Thunnus albacares*; 70 à 74 %) et de thazard serra (*Scomberomorus cavalla*). Enfin, une première enquête quantitative visant l'évaluation des captures a été réalisée en 1995. Elle permet d'analyser la composition spécifique de quelques débarquements et montre l'importance des prises de lobo (*Coryphaena* sp.) et de « voador », poisson volant (*Fodiactor acutus*) ainsi que d'espèces démersales pour les DCP côtiers.

Conclusion

À l'issue des expérimentations précédentes qui ont permis une sensibilisation des pêcheurs et des gestionnaires à l'intérêt de ces dispositifs, un nouveau programme de 30 DCP (dont 5 au large avec une signalisation lumineuse pour la pêche industrielle) est envisagé par l'INDP. À long terme, il vise à améliorer l'approvisionnement du marché et les conditions de vie des pêcheurs tandis qu'à court terme, l'objectif est d'augmenter la productivité de la pêche par une progression des captures assortie d'une diminution des coûts. Aujourd'hui, les résistances initiales qui ont conduit à des vols ou des dégradations de matériel sont largement dépassées puisque l'on note au contraire un certain engouement des pêcheurs pour les DCP. Cependant, tandis que l'insuffisance de moyens financiers n'a pas permis de pérenniser les programmes précédents menés par l'INDP, les faiblesses et contraintes que l'on a recensées dans le cas du Cap-Vert invitent à porter une grande attention aux facteurs institutionnels et à l'impact sur les marchés, ce qui suppose un suivi et un plan d'action intégré à moyen terme. Dans cet esprit, le programme qui est prévu devrait être l'occasion de mettre au point un modèle moins coûteux pouvant être pris en charge par les pêcheurs, d'assurer une diffusion spatiale des DCP ainsi que d'élaborer un cadre réglementaire favorisant la gestion des DCP par les communautés de pêcheurs.

Ces nouveaux axes tentent de prendre en compte les contraintes institutionnelles d'appropriation des DCP par les pêcheurs, qui s'avèrent, d'après la plupart des « success stories » d'expériences de DCP, être un facteur déterminant à moyen terme de la durabilité des pêcheries artisanales autour de DCP.

Références bibliographiques

- Anon., 1995. Experiencias com dispositivos de concentraçao de pescado (DCP). Not. INDP, n° 0, Julho 1995, 3 p.
- Dipa, 1995. Rapport sur la pêche au Cap-Vert, 9^e réunion des fonctionnaires de liaison du Dipa. 12 p.
- FAO, 1996. Projet GCP/CVI/033/NET. Développement des pêches. Document de projet, 8, 47 p.
- Forest A., 1994. Rapport de consultance sur la recherche halieutique dans l'archipel du Cap-Vert. Projet FAO GCP/CVI/028/NET, 77 p.
- Hallier J.-P., 1995. Rapport de consultance sur la recherche thonière dans l'archipel du Cap-Vert. Projet FAO GCP/CVI/028/NET, 39 p.
- Hanneck G., 1986. Le rôle des femmes dans la pêche de la République du Cap-Vert. Projet pour le renforcement du secrétariat d'État aux pêches du Cap-Vert. CVI/82/003/Rapp. Tech., 20, 47 p.
- INDP, 1998. Boletim estatístico. INDP, divisao de estatística, Mindélo, 120 p.
- Laloë F., Rey-Valette H., 1997. Suivi de l'exploitation des dispositifs de conction de poissons (DCP) au Cap-Vert. Rapport de mission pour la mission de coopération française, 82 p.
- Lopez J.A., Walter G.O., 1993. Estudo socio-economico sobre a pesca artesanal do Fogo e da Brava. Seu mercado de peixe e sobre alguns aspectos da restructuraça. Projects Technische Zusammenarbeit/Institut Nacional de Desenvolvimento das Pescas, 99 p.
- Médina A.D., 1995. Les pêcheries artisanales dans l'archipel du Cap-Vert : typologie des ports et estimation des débarquements quotidiens. Mémoire de maîtrise en océanographie, université du Québec, Rimouski, 160 p.
- Mélicio O.D., 1996. Difficultés de la commercialisation du poisson au Cap-Vert, un petit pays insulaire en développement du Sahel. Rapp. INDP, 12 p.
- Ramos J., 1994. Inquerio sobre os dispositivos de concentraçao de pescado realizado nas comunidades des piscatorias de Tarrafal de Monte triogo e Ponta do Sol. Rapp. INDP, 14 p.
- Ramos J., 1995. Relatorio preliminar sobre a confecçao e instalaçao de dispositivos de concentraçao de pescado em Cabo Verde. Rapp. INDP, 11 p. + annexes

- Rey-Valette H., 1998. Dispositifs de concentration de poissons dans les pays de la commission de l'océan Indien : innovation ou révolution dans les pratiques de pêche. *In*: Le thon dans l'océan Indien : enjeux et stratégies. Cayré P. & Le Gall J.-Y. (eds). Colloq. Sémin. Inst. Fr. Rech. Dév. Coop. Orstom, 492, 313-334.
- Rey-Valette H., Cayré P., 2000. Les dispositifs de concentration de poissons : point de rencontre entre la décision des pêcheurs et la décision des poissons. Éd. IRD, Latitude, 23, 15 p.
- Surpris M.J., 1996. Le rôle des femmes dans le secteur de la pêche artisanale en République du Cap-Vert. FAO, Mindélo Projet GCP/CVI/028/NET, 35 p. + annexes.
- Tettey E.O., 1994. Export potential for Cape Verdian fish and fishery products. Project GCP/CVI/028/NET. Fish. Dev., 20p. + annexes.
- Wiefels R.C., 1989. Le marché interne de poissons au Cap-Vert. FAO, Mindélo. Assistance au programme de développement de la pêche artisanale, FI : DP/CVI/86/006. Doc. Trav., 2, 84 p.
- Wood J., 1989. Consultancy for construction and deployment of Fish Aggregating Device (FAD) in the Republic of Cape Verde. FAO Rep. Assistance to the Programme for the Development of Artisanal Fisheries, FI: DP/CVI/86/006, 24 p. + figures.

Posters

Emerging US tropical tuna purse seine fishery on FADs in the Central Western Pacific Ocean

Atilio L. Coan (Jr.), Norman W. Bartoo

Southwest Fisheries Science Center, 8604 La Jolla Shores Drive, La Jolla CA 92038, USA
Al.Coan@noaa.gov

Abstract

US purse seining for tropical tunas in the Central Western Pacific started in 1976. The fleet grew quickly from 3 vessels in 1976 to 62 in 1983, then decreased to 39 in 1998. Catch peaked at 216,000 mt in 1991 and decreased to 177,000 mt in 1998. The majority of the catch is skipjack tuna (approx. 70%) with lesser quantities of yellowfin (21%) and bigeye tunas (9%).

The fleet concentrated mainly on schools associated with logs (60 to 80%) until 1984, fished an equal proportion of log sets and free-swimming school sets until 1988, and then fished a majority of school sets (70 to 80%) until 1995. Since 1996, the fleet fished almost an equal proportion of free-swimming school sets and floating object sets. However, the majority of the floating object sets were on Fish Aggregating Devices (FADs, drifting rafts) instead of logs. Vessels deployed approximately 14 FADs at the beginning of each trip and revisited them as the trip progressed. Each evening, vessels would find a FAD, place lights on them and drift until early morning when they would set on the FAD. As a result, FAD catches increased from 2,000 mt in 1995 to 64,000 mt in 1996; the number of FAD sets increased from 38 in 1995 to 1,860 in 1996; FAD catch per set remained high, bigeye tuna catches increased almost three-fold, by-catch of non-tuna species increased and catches of small fish increased.

Comparaison de la composition spécifique des bancs de thons associés à des DCP et libres dans l'Atlantique Est, avant et depuis le développement de la pêche sur objets artificiels

Alain Fonteneau

IRD, PO Box 570, Victoria, Mahé, Seychelles - irdsey@seychelles.net

Résumé

Ce poster montre la composition spécifique (thons et espèces associées) estimée par les observateurs scientifiques sur les senneurs de l'Atlantique entre 1980 et 1999. Chacun des coups de senne observés, soit près de 3 000 observations, est représenté individuellement par un diagramme camembert à cinq tranches et dont la surface est proportionnelle à la prise. Quatre tranches correspondent aux thons et la cinquième au total de la faune associée. Ce diagramme a été stratifié par taille pour chaque période (1) selon les zones écologiques où la pêche s'est déroulée, et (2) selon le mode de pêche, bancs libres ou bancs associés à des objets flottants. Ce diagramme montre que les bancs libres plurispécifiques de petits thons (albacore, listao et patudo) étaient souvent observés avant le développement de la pêche sur objets artificiels. Actuellement et avec la pêche massive sur DCP, ces bancs mixtes de petits thons sont presque toujours capturés sous objets flottants, et plus jamais en bancs libres. Cette observation peut indiquer une forte attraction des petits thons vers les objets flottants, au moins dans la zone équatoriale. Elle peut aussi traduire une importante modification écologique qui aurait été introduite par l'usage massif des objets flottants artificiels.

Trophic relationships between some FADs-associated fishes

Carlo Pipitone⁽¹⁾, Franco Andaloro⁽²⁾, Silvana Campagnuolo⁽³⁾, Michele Romanelli⁽⁴⁾, Antonio Potoschi⁽⁵⁾

(1) IRMA-CNR, Castellammare del Golfo (tp), Italy - carlopip@tin.it

(2) ICRAM-STIS, Palermo, Italy

(3) ICRAM-STIS, Palermo, Italy (present address: CNR-IRPeM, Ancona, Italy)

(4) ICRAM, Roma, Italy

(5) DBAEM, University of Messina, Italy

Abstract

Ten fish species have been recorded under the FADs used in the dolphin-fish fishery off the Sicilian coasts: dolphinfish (*Coryphaena hippurus*), pilotfish (*Naucrates ductor*), greater amberjack (*Seriola dumerili*), triggerfish (*Balistes carolinensis*), wreckfish (*Polyprion americanus*), bluefin tuna (*Thunnus thynnus*), blue runner (*Caranx crysos*), lesser amberjack (*Seriola fasciata*), horse mackerel (*Trachurus trachurus*) and imperial blackfish (*Schedophilus ovalis*). The most abundant species were dolphinfish, pilotfish and greater amberjack. The diet of the first two species, which are caught at a subadult or adult stage, has been studied in order to shed light on the relationships existing between them. Also the diet of very small greater amberjack associated with FADs has been taken into account. The study showed that the diet of the three studied species collected under FADs off the Sicilian coasts are based on different items, or on different proportions of similar items, so that the dietary overlap is reduced to a minimum. Dolphinfish feed essentially on fishes and, to a lesser extent, on pelagic invertebrates (mostly decapod larvae and hyperiid amphipods). The diet of the pilotfish is based on the same pelagic invertebrates as dolphinfish and also on small amounts of fish larvae. Juvenile greater amberjacks feed almost exclusively on pelagic amphipods and on larvae of several invertebrates. None of the FAD-related fish species have been recorded in the stomach contents analysed, with the exception of a few small-sized triggerfishes found in dolphinfish stomachs.

Le thon noir (*Thunnus atlanticus*) autour des DCP en Martinique : biologie et exploitation

Marc Taquet^(1,2), Lionel Reynal⁽¹⁾, Martial Laurans⁽¹⁾, Alain Lagin⁽¹⁾

(1) Ifremer, délégation des Antilles, Drv/rh, Pointe Fort, 97231 Le Robert, Martinique,
Marc.Taquet@ifremer.fr

(2) École pratique des hautes études, ESA 8046 Éphé-CNRS,
52 av. de Villeneuve, 66860 Perpignan Cedex, France

Résumé

Une série de 24 campagnes de pêche expérimentale de sept jours chacune, réalisée entre octobre 1995 et octobre 1997 au voisinage des DCP implantés autour de la Martinique, a permis de collecter des données sur la biologie et le comportement du thon noir (*Thunnus atlanticus*). Le DCP a été utilisé comme un outil scientifique permettant de concentrer des observations biologiques sur les poissons présents dans la zone. À la suite de ces campagnes, un suivi des captures des professionnels opérant sous et hors DCP a été initié sur une base bihebdomadaire et se poursuit actuellement. Les échantillonnages réalisés sur plusieurs sites principaux de débarquement, sur les côtes caraïbe et atlantique, permettent de compléter la base de données sur les grands poissons pélagiques fréquentant les eaux martiniquaises. Ce poster présente une synthèse des principaux résultats biologiques et halieutiques obtenus sur l'espèce à partir des observations effectuées.

L'albacore (*Thunnus albacares*) autour des DCP en Martinique : biologie et exploitation

Marc Taquet^(1,2), Lionel Reynal⁽¹⁾, Martial Laurans⁽¹⁾, Alain Lagin⁽¹⁾

(1) Ifremer, délégation des Antilles, Dv/rh, Pointe Fort, 97231 Le Robert, Martinique, Marc.Taquet@ifremer.fr

(2) École pratique des hautes études, ESA 8046 Éphé-CNRS, 52 av. de Villeneuve, 66860 Perpignan Cedex, France

Résumé

Une série de 24 campagnes de pêche expérimentale de sept jours chacune, réalisée entre octobre 1995 et octobre 1997 au voisinage des DCP implantés autour de la Martinique, a permis de collecter des données sur la biologie et le comportement de l'albacore (*Thunnus albacares*). Le DCP a été utilisé comme un outil scientifique permettant de concentrer des observations biologiques sur les poissons présents dans la zone. À la suite de ces campagnes, un suivi des captures des professionnels opérant sous et hors DCP a été initié sur une base bihebdomadaire et se poursuit actuellement. Les échantillonnages réalisés sur plusieurs sites principaux de débarquement, sur les côtes caraïbe et atlantique, permettent de compléter la base de données sur les grands poissons pélagiques fréquentant les eaux martiniquaises. Ce poster présente une synthèse des principaux résultats biologiques et halieutiques obtenus sur l'espèce à partir des observations effectuées.

La dorade coryphène (*Coryphaena hippurus*) autour des DCP en Martinique : biologie et exploitation

Marc Taquet^(1,2), Lionel Reynal⁽¹⁾, Martial Laurans⁽¹⁾, Alain Lugin⁽¹⁾

(1) Ifremer, délégation des Antilles, Drv/rh, Pointe Fort, 97231 Le Robert, Martinique, Marc.Taquet@ifremer.fr

(2) École pratique des hautes études, ESA 8046 Éphé-CNRS, 52 av. de Villeneuve, 66860 Perpignan Cedex, France

Résumé

Une série de 24 campagnes de pêche expérimentale de sept jours chacune, réalisée entre octobre 1995 et octobre 1997 au voisinage des DCP implantés autour de la Martinique, a permis de collecter des données sur la biologie et le comportement de la dorade coryphène (*Coryphaena hippurus*). Le DCP a été utilisé comme un outil scientifique permettant de concentrer des observations biologiques sur les poissons présents dans la zone. À la suite de ces campagnes, un suivi des captures des professionnels opérant sous et hors DCP a été initié sur une base bihebdomadaire et se poursuit actuellement. Les échantillonnages réalisés sur plusieurs sites principaux de débarquement, sur les côtes caraïbe et atlantique, permettent de compléter la base de données sur les grands poissons pélagiques fréquentant les eaux martiniquaises. Ce poster présente une synthèse des principaux résultats biologiques et halieutiques obtenus sur l'espèce à partir des observations effectuées.

Effects of fishing activity on tropical moored buoy arrays

Michael J. McPhaden⁽¹⁾, Paul Freitag⁽¹⁾, Jacques Servain⁽²⁾,
Erwan Josse⁽²⁾

(1) NOAA, Pacific Marine Environmental Laboratory, Seattle WA 98115, USA
mcphaden@pmel.noaa.gov

(2) IRD, centre de Brest, 29280 Plouzané, France

Abstract

Moored buoy arrays in the Tropical Pacific and Atlantic Oceans are essential components of present day climate observing systems. The Tropical Atmosphere Ocean (Tao) array in the Pacific, supported by the US, Japan, France, and Taiwan, consists of approximately 70 deep-ocean moorings spanning the width of the basin between 8°N and 8°S. The Pilot Research Moored Array in the Tropical Atlantic (Pirata), supported by Brazil, France, and the US, extends across 0°-35°W, 10°S-15°N. The purpose of these arrays is to provide high quality, *in situ*, real-time data for climate research and forecasting. Array measurements consist of surface winds, sea surface temperature, upper ocean temperature, and a wide variety of other meteorological and oceanographic parameters. Data are telemetered in real-time *via* Service Argos, and a subset of these data is placed on the Global Telecommunications System (GTS) for distribution to operational centers for assimilation into weather and climate forecast models. In this presentation, we show examples of data from the 1997-1999 El Niño/La Niña cycle in the Pacific, and from a major Atlantic warm event in 1998-1999. We also discuss the impact of the fishing activity around the moored buoys, which by their nature act as Fish Aggregating Devices (FADs). Fishing in the vicinity of Tao and Pirata buoys often leads to gear conflict with resultant losses of mooring and fishing equipments. Moreover, fishing related activity is the primary cause of data loss in these arrays in the Western and Eastern Pacific, and in the Eastern Atlantic. Attempts to reduce these losses through informational outreach programmes have been attempted, without much apparent success. Efforts to increase awareness in the fishing community about the highly detrimental effects of fishing activity around deep-ocean moored buoys continue.

Length comparison of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) caught by Mexican purse seine fleet in the Eastern Pacific Ocean

Rafael Solana-Sansores^(1,2), Guillermo Compéan-Jiménez^(1,3),
Gabriel Aldana-Flores^(1,3)

(1) Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y de Protección de Delfines (PNAAPD-FIDEMARI), Km 107, Carr. Tijuana-Enseñada, Campus CICESE, Enseñada, BC 22800, México - solana@faro.ens.uabc.mx

(2) Universidad autónoma de Baja California, Facultad de ciencias, Km 103, Carr. Tijuana-Enseñada, Enseñada BC 22800, México

(3) Universidad autónoma de Nuevo León, Facultad de ciencias biológicas, ciudad universitaria, San Nicolas de los Garza, Nuevo León, México

Abstract

We compared the length structure of yellowfin tuna, YT (*Thunnus albacares*) caught in three different sets, dolphin sets (DS), tuna sets (TS), and log sets (LS), of the tuna Mexican fleet that operated in the Eastern Pacific Ocean, between 1995 and 1998. The data sampled of fork length (FL) were obtained aboard the ships through three-stage strata probabilistic sampling design. The strata corresponded to those defined for the management of this resource by the Inter-American Tropical Tuna Commission (IATTC). The stages of sampling were as follows: random fish sample (stage 3), from sets that were selected by systematic sample (stage 2), of fishing trips that were selected through random sampling (stage 1), in a period of one year. We have defined equations for average weight, total number of fish in the commercial catch and the number of fish by length class. The results showed that the average weights and average lengths at the DS and TS are more important than those for LS. Besides, we found that the total fish number catch by ton at the LS was highest and their length structure tended to values lower than 60 centimetres. We observed that the DS and TS are more productive than LS to the Mexican fisheries. This sampling design allowed comparing the characteristic of the length structure by zone and type of sets.

Réalisation, mise en page : XLC (02 98 30 50 07)

Achevé d'imprimer sur les presses de Cloître Imprimeurs

ISBN 2-84433-047-9

ISSN 0761-3962

Dépôt légal n° 1017 - 4^e trimestre 2000

© 2000, Ifremer. Tous droits de reproduction, même partielle,
par quelque procédé que ce soit, sont réservés pour tous pays.

Mise en page : Annick Bliss - Relecture, corrections : Andrée Coum, Nelly Courtay
Fabrication, coordination : Nelly Courtay - Responsable de l'édition : Patrick Phliponeau

Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons

(Caraïbe Martinique - octobre 1999)

Le colloque international « Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons » organisé en octobre 1999, en Martinique, permet de dresser un bilan, sous forme de synthèses régionales, de l'exploitation des grands poissons pélagiques à l'aide de DCP dans les trois océans et en Méditerranée. La technologie, les méthodes de pêche, l'impact sur les ressources, le comportement agrégatif des poissons et les aspects socio-économiques de l'utilisation des DCP sont les principaux thèmes développés. Ces travaux permettront d'assurer une diffusion large des résultats à l'échelle de l'océan mondial, de favoriser les échanges entre les scientifiques et les gestionnaires impliqués dans le développement des systèmes DCP, de promouvoir l'émergence de thèmes et projets de recherche scientifique et technologique, de mettre en œuvre un réseau de communication et d'échanges entre les sites et les régions concernées.

The international symposium "Tuna Fishing and Fish Aggregating Devices", October 1999, in Martinique, takes stock of the exploitation of large pelagic fish around FADs, based on regional synthesis for the three oceans and the Mediterranean Sea. Main themes include technology, fishing methods, impact on resources, biology of fish aggregation, anthropology and economic aspects of FAD exploitation. The meeting will gather and disseminate results from recent and ongoing studies on FADs in the different oceans of the world, enhance collaboration between scientists and managers involved in the development of FADs, promote the emergence of scientific and technical research, form a network for cooperation and enhance communications between researchers in the different locations concerned.

lfremer

actes de colloques

28

Editions Ifremer
BP 70, 29280 Plouzané, France
tél. 02 98 22 40 13
fax 02 98 22 45 86
mél : editions@ifremer.fr

Diffusion : ALT Erest
Service Logistique
3, rue Edouard Belin - BP 23
29801 Brest Cedex 9
tél. 02 98 02 42 34
fax. 02 98 02 05 84
mél : alt.belin@wanadoo.fr

ISSN 0761-3962
ISBN 2-84433-047-9

315 F - 48,02 €

