

**Marquage acoustique et comportement
de thons tropicaux
(albacore : *Thunnus albacares*,
et listao : *Katsuwonus pelamis*)
au voisinage d'un dispositif
concentrateur de poissons**

Patrice CAYRE (1) et Jacques CHABANNE (2)

RÉSUMÉ

Dans cet article sont décrits et analysés les résultats obtenus à partir de marquages acoustiques effectués dans le Pacifique sur des thons attirés par des dispositifs de concentration de poissons (DCP) ancrés dans les eaux de Polynésie française (Pacifique sud). Deux poissons, un albacore de 54 cm et un listao de 57 cm, ont été capturés au voisinage immédiat d'un DCP, marqués et suivis, le premier pendant une durée globale de 4 jours, le deuxième de 2 jours. Leurs déplacements horizontaux et verticaux enregistrés de jour et de nuit sont décrits.

Durant les quatre jours de la poursuite l'albacore est toujours resté au voisinage immédiat du DCP, effectuant de courts déplacements dans un rayon d'un demi-mille autour de celui-ci. Son éloignement maximum du DCP a été de 3 milles. La profondeur préférentielle de l'albacore est de l'ordre de 80 mètres, un peu en dessous le jour, un peu en dessus la nuit. Ces profondeurs se situent à la partie inférieure de la couche de mélange et correspondent à une température de 26-27 °C. Sauf exception, les mouvements verticaux de l'albacore sont relativement modérés. Il passe très peu de temps en surface.

Le comportement du listao diffère sensiblement de celui de l'albacore; beaucoup plus actif, il peut s'éloigner notablement du DCP (plus de 6 milles). Deux types de comportement ont été observés :

- un comportement diurne avec des déplacements horizontaux modérés et des plongées verticales fréquentes et importantes.
- un comportement nocturne avec des déplacements horizontaux notables et des plongées modérées en fréquence et amplitude.

Contrairement à l'albacore, le listao évolue à des profondeurs sensiblement différentes le jour (entre 50 et 80 mètres) et la nuit (entre 10 et 50 mètres). Au lever et au coucher du soleil, il effectue des plongées rapides et profondes (jusqu'à plus de 300 mètres). Comme l'albacore, le listao évolue en général dans des eaux à 26 °-27 °C; il vient rarement en surface et seulement pour de courtes périodes.

Les vitesses de nage calculées pour différents niveaux d'activité de chacune des deux espèces sont en général moins élevées que celles prévues par les formules théoriques de calcul en usage.

Le comportement de chacune des deux espèces décrit ici concorde assez largement avec les descriptions antérieures faites par d'autres auteurs en d'autres lieux. Cependant, la présence d'une thermocline profonde et très diffuse est une condition nouvelle et intéressante, car elle peut permettre la comparaison avec les observations faites dans des situations d'environnement différentes et ainsi de vérifier certaines hypothèses sur la causalité des mouvements observés. De plus

(1) ORSTOM, 213 Rue La Fayette, 75480 Paris Cedex 10.

(2) ORSTOM, B.P. 529, Papeete, Tahiti, Polynésie française.

ces marquages acoustiques de thons à proximité d'un DCP sont particulièrement intéressants pour connaître et analyser les relations existantes entre les thons et un DCP; d'après les résultats présentés il semble important d'analyser le comportement des bancs de thons au voisinage d'un DCP. Les auteurs soulignent l'importance d'une bonne connaissance des relations thons-DCP dans l'optique d'une exploitation halieutique de ce type d'association.

MOTS-CLÉS : *Thunnus albacares* — *Katsuwonus pelamis* — Marquage acoustique — Comportement — Variations circadiennes — Nage — Rythmes d'activité — Déplacements locaux — Dispositif concentrateur de poissons.

ABSTRACT

SONIC TRACKING EXPERIMENTS AND BEHAVIOUR OF TROPICAL TUNAS (YELLOWFIN TUNA : *Thunnus albacares*, AND SKIPJACK TUNA : *Katsuwonus pelamis*) IN THE VICINITY OF A FISH AGGREGATING DEVICE

Results obtained on the behaviour of tropical tunas, through the use of sonic tagging performed on fishes attracted by an anchored fish aggregating device (FAD), are described in this paper. The experiments took place in the french polynesian waters (south Pacific). Two fishes, a 54 cm (fork length) yellowfin tuna and a 57 cm (fork length) skipjack tuna, were tracked during respectively 4 and 2 days. The horizontal and vertical movements registered during day-time and during night-time are described separately.

The yellowfin stayed in the close vicinity of the FAD during the four days of its tracking. Its movements were mostly observed in a half mile area surrounding the FAD. The greatest distance covered from the FAD was 3 miles. The common swimming depth of the yellowfin was 80 meters, but is slightly deeper during the day-time. These depths correspond to the lower part of the mixing layer, and to a water temperature of 26-27 °C. The vertical movements of the yellowfin are generally moderate; the number of times it comes up to the surface are scarce and at these occasions it stays near the surface only for very short periods.

The skipjack tuna behaviour is quite different from the yellowfin's. The tracked skipjack was much more active than the yellowfin and was generally swimming far away (more than 6 miles) from the FAD. Two kinds of behaviours were noted :

- a day-time behaviour characterized by moderate horizontal movements and by numerous and important vertical divings;
- a night-time behaviour characterized by important horizontal movements and few small divings.

Contrary to the yellowfin, the skipjack swims at different depths during the day (50-80 meters) and during the night (10-30 meters). Deep (down to 300 meters) and fast divings are observed at sunrise and at sunset. Just like the yellowfin, the skipjack swims much of the time in waters where the temperature is about 26-27 °C, and seldom comes up to the surface for short periods.

Most of the calculated swimming speeds of both species at different levels of activity, are slower than predicted by the calculation formulae in use.

The present description of the behaviour of the two species is basically in agreement with previous ones made by different authors elsewhere. Nevertheless, the particular environmental characteristics of the area (deep mixing layer), where these experiments were conducted, are of particular interest since they are original and thus allow a better understanding of the tropical tunas' behaviour when the results are compared with those obtained in areas with different hydrological conditions. Moreover, these sonic taggings performed in the vicinity of FAD, are specially useful for the knowledge and the understanding of the relations between tunas and FAD; the results presented here improve this understanding and raise special questions concerning the schooling behaviour of tunas and point out the importance of the understanding of the interactions between FAD and tunas for commercial fishing exploitation purposes.

KEY WORDS : *Thunnus albacares* — *Katsuwonus pelamis* — Sonic tagging — Behaviour — Circadian variations — Swimming — Activity patterns — Local movements — Fish aggregating device.

1. INTRODUCTION

La propriété qu'ont les objets de toutes sortes flottants en mer de concentrer les thonidés tropicaux comme l'albacore (*Thunnus albacares*) ou le listao (*Katsuwonus pelamis*) est connue depuis longtemps

(HUNTER and MITCHEL, 1968; GREENBLATT, 1979); cette propriété est largement mise à profit dans les trois océans par les pêcheurs qui recherchent activement tout objet flottant pour capturer les thons rassemblés dessous ou à proximité immédiate (SUND *et al.*, 1981; STEQUERT et MARSAC, 1986;

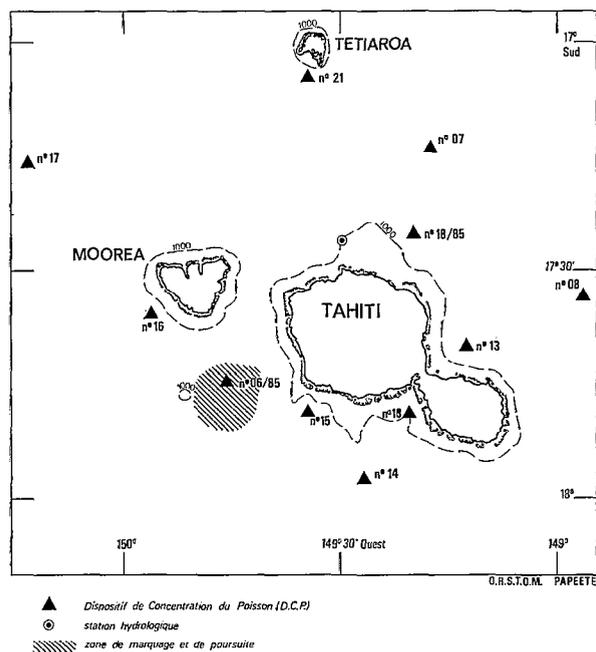


FIG. 1. — Zone des marquages acoustiques. Location of the sonic tracking experiments

STRETTA et SLEPOUKHA, 1986). A l'heure actuelle de nombreuses pêcheries côtières exploitent les thons concentrés sous des radeaux ou « dispositifs concentrateurs de poissons » (D.C.P.) qui ont été construits pour cela et ancrés en des endroits propices à proximité des côtes (MATSUMOTO *et al.*, 1981; DE SAN, 1982; PRESTON, 1982; SACCHI, 1986). On comprend l'intérêt de l'utilisation de cette technique pour des pêcheries composées d'unités de pêche de taille réduite et de faible autonomie en mer, quand on sait que la densité des bancs de thons est relativement faible, dans le Pacifique sud notamment, ou très aléatoire et que les déplacements de ces bancs sont très rapides.

Pour ces raisons un programme d'installation de DCP autour des îles de la Polynésie française a été mis en œuvre (UGOLINI et ROBERT, 1982) et une trentaine de DCP ont été mis à l'eau et ancrés essentiellement à proximité de Tahiti (fig. 1). La description précise de ces DCP et de leur mouillage est donnée par UGOLINI et ROBERT (1982). Nous précisons seulement ici qu'il s'agit de bouées métalliques semi-sphériques de 2 mètres de diamètre ancrées sur des fonds d'environ 2 000 à 2 500 mètres.

A l'heure actuelle, les causes du rassemblement des thons sous un DCP sont encore inconnues

(SUND *et al.*, 1981) et il semble primordial de comprendre dans un premier temps comment les poissons se comportent vis à vis d'un DCP. En effet, les diverses expériences passées ou en cours ont permis de constater en ce qui concerne les thons que le pouvoir d'attraction et de concentration des DCP est variable dans le temps (variations saisonnières et nyctémérales) et dans l'espace (emplacement des DCP). Une meilleure compréhension du comportement des poissons vis à vis des DCP permettrait de rationaliser la stratégie d'implantation et d'utilisation des DCP et d'en tirer ainsi le meilleur parti pour la pêche. A cet effet un programme de recherches sur les relations entre DCP et thons a été mis en œuvre en Polynésie française conjointement par l'EVAAM, l'IFREMER et l'ORSTOM (1).

Après une description de la technique utilisée (marquage acoustique) et des moyens mis en œuvre, nous présenterons et discuterons dans cet article les premiers résultats obtenus dans le cadre de ce programme sur le comportement, au voisinage d'un DCP, des deux espèces de thons les plus abondantes dans la région : l'albacore (*Thunnus albacares*) et le listao (*Kalsuwonus pelamis*).

2. MATÉRIEL ET MÉTHODE

2.1. Description et montage du matériel

Le matériel de marquage et de poursuite acoustique est fabriqué et commercialisé par Vemco Ld (Canada). Il se compose des éléments suivants : — les marques émettrices (Type V3P-3) avec capteur de pression; ce type de marque posé sur un poisson permet de connaître à chaque instant à quelle profondeur le poisson marqué évolue. Les caractéristiques de ces marques sont les suivantes : longueur 74 mm, diamètre 16 mm; durée de vie de 3,5 à 4,8 jours selon les profondeurs atteintes; fréquence d'émission 65,54 kHz, durée d'une pulsation 15 ms; fréquence de pulsation de 1 à 3 Hz selon la profondeur; la portée maximum du signal est d'environ 800 mètres et la profondeur maximum à laquelle la marque peut fonctionner est de 680 mètres. La mise en circuit de la pile d'alimentation de la marque se fait au moment de la pose de celle-ci,

— l'hydrophone directionnel (type V 10) est conçu pour la détection, selon une direction préférentielle, des signaux émis par les marques dans une gamme de fréquences comprises entre 50 et 80 kHz,

(1) Respectivement : Établissement pour la Valorisation des Activités Aquacoles et Marines, Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer, Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération.

— Le récepteur ultra-sonique (type CR 40) est muni d'un quartz correspondant à la fréquence exacte d'émission des marques utilisées,

— le décodeur (type CI 40) permet l'affichage digital permanent de la profondeur depuis laquelle le signal est émis par la marque.

Le montage de l'hydrophone doit être fait en tenant compte des caractéristiques du bateau utilisé pour la poursuite, en particulier de sa manoeuvrabilité; en effet l'hydrophone directionnel doit être orienté dans la direction de la source sonore pour que les signaux soient perçus. Dans le cas présent, le bateau étant de taille réduite et très maniable, l'orientation de l'hydrophone se fait donc directement en orientant le bateau lui-même. L'hydrophone a donc été fixé à l'extrémité d'une perche métallique elle-même fixée verticalement sur le côté tribord de la coque du bateau. La longueur de la perche a été déterminée de façon à ce que la profondeur d'immersion de l'hydrophone soit légèrement supérieure à celle de la quille du navire.

Le récepteur et le décodeur doivent être alimentés indépendamment par deux batteries de 12 volts chacune; l'alimentation par une source unique provoque en effet la formation de parasites qui altèrent le fonctionnement des appareils, notamment du décodeur.

2.2. Marquage

Une fois capturé, le poisson destiné au marquage est hissé à bord et déposé sur un matelas garni de mousse, gradué en centimètres et soigneusement humidifié à l'eau de mer. Les yeux du poisson sont recouverts d'un chiffon imbibé d'eau de mer.

La marque, après la mise en circuit de ses piles, est fixée sur le dos du poisson, en arrière de la deuxième nageoire dorsale, par deux petits colliers de plastiques passés dans les muscles dorsaux à l'aide d'une aiguille creuse et courbe. Le poisson est ensuite remis à l'eau la tête en avant pour éviter tout choc brutal. La durée de l'opération entre la capture et la remise à l'eau du poisson est d'environ 40 secondes.

2.3. Suivi de la position du poisson

La position du poisson peut être définie dans les deux plans, horizontal et vertical. La position horizontale est déterminée par celle du bateau. En effet, les signaux ont une portée relativement courte (800 mètres au maximum) et, de ce fait, ne sont reçus que lorsque le lieu d'émission, donc le poisson, est proche du bateau. La position verticale, c'est-à-dire la profondeur à laquelle se trouve le

poisson, est donnée directement par la marque dont la fréquence de pulsation des signaux varie en fonction de la pression; la profondeur en mètres s'affiche en permanence sur le décodeur.

Le point le plus délicat est donc la localisation horizontale du poisson et le suivi de ce dernier lors de ses déplacements dans ce plan. Cette opération est facilitée par la directivité de l'hydrophone qui, théoriquement, ne reçoit le signal que si celui-ci est émis depuis un point situé dans un secteur situé à l'avant de l'hydrophone. De plus, lorsque la distance entre la source (marque émettrice) et l'hydrophone augmente, l'intensité du signal sonore diminue. En principe, il suffit donc d'orienter l'hydrophone, c'est-à-dire le bateau dans notre cas, de façon à recevoir le signal émis, et de maintenir une intensité de réception maximale de ce signal. Le bateau est donc constamment en mouvement pour satisfaire ces deux conditions et ainsi suivre le poisson marqué.

En pratique, le signal est aussi perceptible lorsque la marque émettrice (et donc le poisson marqué) se situe notamment dans le secteur arrière de l'hydrophone, mais à plus faible distance cependant que lorsque le signal vient de l'avant de l'hydrophone. En outre, le maximum d'intensité de la réception n'est pas toujours facile à déterminer en raison de l'inertie et du manque de précision du potentiomètre à aiguille du récepteur qui permet de déterminer cette intensité. Une bonne expérience à la fois de la personne qui dirige le bateau et de celle qui fait la veille près du récepteur est donc nécessaire pour localiser correctement la source d'émission, interpréter les signaux et réellement bien poursuivre le poisson marqué en maintenant toujours l'avant de l'hydrophone et donc du bateau dans la direction de la marque émettrice.

2.3.1. SUIVI DES DÉPLACEMENTS HORIZONTAUX

Le bateau et le poisson étant très proches, idéalement l'un derrière l'autre, les déplacements du bateau sont les mêmes que ceux du poisson. Le relevé périodique de la position du bateau permet donc de connaître et de tracer par la suite les déplacements du poisson. Dans les opérations décrites ici, la position du bateau a été déterminée toutes les dix minutes en effectuant le relevement radar (gisement et distance) d'amers situés sur la côte et en notant simultanément le cap compas du bateau. Lorsque le DCP était visible au radar, son relevement était également noté.

L'imprécision de la directivité de l'hydrophone et le manque de sensibilité du potentiomètre évoqués plus haut peuvent introduire une erreur dans la localisation du poisson par rapport au bateau. Cette erreur est faible voire nulle lorsque les mouve-

ments du poisson ont une certaine amplitude. Dans ce cas les mouvements du bateau sont bien similaires à ceux du poisson marqué. En revanche lorsque les déplacements du poisson marqué sont faibles, cette erreur devient relativement importante. Si l'on prend à titre d'exemple caricatural le cas d'un poisson qui devient totalement immobile le bateau va dans un premier temps se rapprocher de lui (pour obtenir un signal d'intensité maximale), puis passer au-dessus et le dépasser en continuant à recevoir le signal (puisque l'hydrophone reçoit malgré tout des signaux venant depuis sa partie arrière). Dans un deuxième temps l'intensité du signal va décroître brutalement avec l'éloignement et le bateau va faire demi-tour pour diriger à nouveau l'avant de l'hydrophone dans la direction du signal. Ce mouvement de va et vient selon l'axe de l'hydrophone peut persister un certain temps avant que le pilote du bateau et la personne de veille au récepteur ne soient sûres que le poisson est immobile. Dans le cas donc d'un poisson se déplaçant peu on peut prévoir que les mouvements du bateau vont assez mal représenter ces faibles déplacements en les amplifiant.

2.3.2. SUIVI DES DÉPLACEMENTS VERTICAUX

Les profondeurs atteintes par le poisson marqué sont affichées en permanence par le décodeur. Elles sont notées toutes les trois minutes, en même temps que l'heure des relevés. Toutefois l'intervalle entre les relevés a pu être réduit jusqu'à 15 secondes lorsque des mouvements verticaux rapides ont été observés.

2.3.3. CALCUL DE LA VITESSE DE NAGE

Pour calculer la vitesse de nage des poissons marqués, nous avons considéré que la distance totale parcourue pendant un intervalle de temps t est égale à l'hypoténuse d'un triangle rectangle dont les deux côtés sont respectivement égaux aux distances horizontale et verticale parcourues par le poisson pendant le même intervalle de temps t .

2.4. Déroulement des opérations

Les opérations de marquages ont eu lieu entre le 17 et le 30 novembre 1985. Le DCP choisi est situé à l'ouest de Tahiti, à une distance d'environ 11 milles de la côte (fig. 1). Au moment des expériences décrites ici, le DCP était en place depuis presque six mois.

Deux bateaux ont été utilisés : l'un est un bonitier

TABLEAU I

Déroulement des opérations des marquages acoustiques.
Time schedule of the sonic tracking experiments

Espèce	POISSON N° 1			POISSON N° 2		
	ALEACORFE			LISTAO		
Taille (cm)	54 cm			57 cm		
Poursuite N°	1	2	Total	3	Total	
Date début heure	22.11.85 15h15	25.11.85 11h0	22.11.85 15h15	27.11.85 14h05	27.11.85 14h05	
Date fin heure	23.11.85 16h36	26.11.85 5h01	26.11.85 6h01	27.11.85 5h36	27.11.85 5h36	
Durée globale (h)	23h 40mn	20h 11mn	88h 45mn	39h 31mn	37h 31mn	
Durée réelle (c)	17h 41mn	17h 30mn	35h 01mn	26h 17mn	26h 17mn	

(a) : Taille : longueur à la fourche ; *length* : fork length. (b) : Interruptions incluses lorsqu'en soient les causes ; *all the interruptions which occurred during the tracks are included in these durations*. (c) : Temps de poursuite des poissons réellement effectués ; *real durations of the tracks (the periods of interruption were deducted)*.

de 12 mètres de long, identique à ceux de la pêcherie thonière artisanale locale, l'autre est un petit canneur de type japonais de 16 mètres de long. La capture et le marquage des poissons ont été effectués à bord du premier bateau et le suivi des poissons marqués au moyen du second.

Le déroulement des différentes opérations de marquage et de poursuite est récapitulé dans le tableau I.

Deux poissons ont été marqués :

— Le premier, un albacore de 54 cm de longueur à la fourche (LF), capturé le 22 novembre en début d'après-midi, a été suivi dans un premier temps jusqu'au 23 novembre ; au cours de cette première partie, la poursuite a été interrompue dans la nuit du 22 au 23 novembre, et reprise le 23 à 5 h 25 (1) du matin seulement, en raison de la panne du feu de signalisation du DCP ; cette panne entraînait en effet un risque important de collision du bateau avec le DCP. Cette interruption explique les différences observables sur le tableau I entre durée globale et durée réelle de poursuite. Pour la même raison la poursuite a été interrompue le 23 en fin d'après midi et le bateau est rentré au port pour en rapporter le matériel de réparation nécessaire à la remise en état du feu de position du DCP. La réparation a été effectuée le 25 novembre au matin et le contact avec le poisson marqué a été retrouvé dans la matinée,

(1) Toutes les heures indiquées dans cet article (texte, tableau et figures) sont données en heure TU-10.

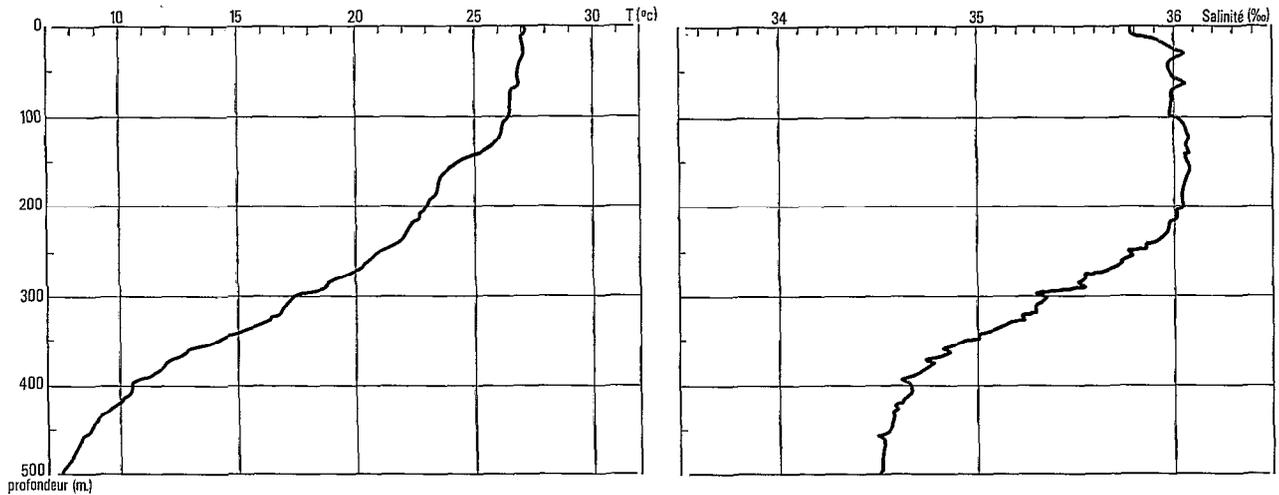


FIG. 2. — Diagrammes de l'évolution de la température et de la salinité en fonction de la profondeur : ces diagrammes ont été établis d'après les valeurs relevées le 23/11/85 à la station hydrologique mentionnée sur la figure 1. *Diagrams of sea water temperature and salinity as function of depth ; these diagrams were computed from the observations made on November 23rd, 1985, at the hydrological station pointed on figure 2*

toujours à proximité du DCP. La poursuite s'est déroulée ensuite sans interruption jusqu'au 26 novembre à 5 h 10 du matin, heure à laquelle les signaux émis par la marque sont devenus sporadiques et de plus en plus faibles, en raison de l'épuisement des piles de celle-ci. Le dernier contact avec cette marque a eu lieu à 8 h 01 le 26 novembre. La durée totale de la poursuite de l'albacore a été de 88 heures et 46 minutes (tabl. I).

— Un deuxième poisson, un listao de 57 cm (LF) a été marqué le 27 novembre en début d'après-midi. Le contact sonore a été perdu un peu avant la nuit et malgré les recherches effectuées toute la nuit autour du DCP, il n'a été retrouvé que le 28 novembre à 4 heures du matin à environ 300 mètres de ce dernier. Reperdu au milieu de la matinée, le contact a été retrouvé moins de deux heures plus tard. Il est à nouveau perdu pour une courte durée en début de nuit, vers 20 heures. Par la suite, le poisson a été suivi jusqu'au lever du jour avant d'être définitivement perdu.

Dans l'ensemble, il a été beaucoup plus difficile de suivre le listao que l'albacore ; toutes les interruptions de la poursuite ayant eu pour cause non pas des problèmes techniques mais le comportement erratique et les déplacements parfois très rapides du listao.

3. HYDROLOGIE DU MILIEU PROCHE DU DCP

Il n'a pu être procédé à des observations physico-chimiques (structure thermique, taux d'oxygène...)

sur le milieu environnant le DCP pendant les expériences de marquage. La description du milieu que nous ferons ici, se base en fait sur des observations réalisées à l'occasion d'autres campagnes océanographiques, et dépeint les caractéristiques hydrologiques moyennes de ce milieu à l'époque des marquages. Nous nous référerons tout particulièrement à des observations effectuées le 23 novembre 1985 à la station hydrologique dont la position est indiquée sur la figure 1.

Ces caractéristiques hydrologiques illustrées par les profils de température et de salinité de la figure 2, sont :

— présence d'une couche de mélange isotherme dont la température est de 26-27 °C entre la surface et 100 mètres de profondeur. On note la présence d'une couche superficielle d'eau dessalée (0 à 20 m).

— extension de la thermocline entre 100 et environ 400 mètres de profondeur. La baisse de température est régulière, sauf entre 125 et 160-170 m où elle est plus accentuée (écart de 2,5 °C). La thermocline concerne deux types d'eaux : l'Eau Subtropicale Sud, caractérisée par un maximum de salinité, une eau résultant du mélange entre cette eau subtropicale et l'Eau Antarctique Intermédiaire.

— à partir de 350-400 m, présence de l'Eau Antarctique Intermédiaire, marquée par une salinité peu élevée (34,4 ‰).

La densité en particules est faible. Un pic est observé en surface et le maximum se situe vers 120-160 m, profondeur à laquelle est également trouvé le maximum d'abondance de pigments

chlorophylliens. Les concentrations en nutriments (PO₄-P et NO₃-N) sont très basses dans la couche de mélange et la nutricline ne se développe qu'à partir de 180-220 m. En ce qui concerne l'oxygène, la couche de mélange est saturée, puis la teneur diminue mais seulement légèrement jusqu'à 500 m (80 % de saturation minimum).

4. RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

Comme nous l'avons vu (§ 2.4), deux poissons, un albacore de 54 cm et un listao de 57 cm ont été marqués et suivis pendant des durées récapitulées dans le tableau I. Nous aborderons successivement le cas de chaque poisson en considérant quand nécessaire deux périodes distinctes : une période diurne (de 4 h 15 à 18 h 00) et une période nocturne (de 18 h 00 à 4 h 15).

4.1. Albacore

4.1.1. DÉPLACEMENTS HORIZONTAUX

Les déplacements horizontaux effectués par l'albacore sont représentés sur les figures 3 a à 3 e. Les positions du DCP relevées à différents moments de la poursuite sont également représentées sur ces figures.

De l'examen de ces différentes figures il ressort :

- (a) que tous les déplacements horizontaux sont orientés selon un axe NW-SE (fig. 3 a à 3 e);
- (b) que la majorité des mouvements est centrée sur le DCP;
- (c) que l'albacore ne présente pas un comportement sensiblement différent le jour (fig. 3 a, 3 c, 3 d) et la nuit (fig. 3 b et 3 e) et notamment on remarque qu'il ne s'est jamais beaucoup éloigné du DCP (maximum observé env. 3 milles);
- (d) que l'albacore peut rester à proximité immédiate d'un DCP pendant près de 4 jours; le fait que nous n'ayons pas observé de déplacement vers les autres DCP du voisinage (fig. 1) est à souligner.

Par ailleurs, au cours de la poursuite de l'albacore nous avons pu observer que le DCP, ancré sur des fonds de plus de 2 000 mètres, semble avoir une importante aire d'évitage qui peut l'amener à des positions successives éloignées de près de 2 milles.

Nous avons vu (§ 2.3.1.) que l'identification des mouvements du poisson par ceux du bateau est probablement biaisée lorsque le poisson est stationnaire ou se déplace peu. Dans le cas présent, on observe une succession de va-et-vient de faible amplitude, toujours orientés dans la même direction

(fig. 3 a à 3 e). La méthode de travail amplifie sans doute les trajets et peut même « créer » en partie ces déplacements. Si l'amplitude des mouvements réellement effectués par le poisson est probablement surestimée il est cependant vraisemblable que le poisson se soit bien déplacé selon cet axe. En effet, s'il était resté sur place ou avait effectué des mouvements limités et désordonnés, la détection des signaux aurait pu se faire selon n'importe quelle direction, ce qui n'a pas été le cas.

Dans le cas présent, on peut penser que l'albacore a effectué de courts déplacements orientés selon l'axe NW-SE, ne s'éloignant généralement pas de plus de 0,5 mille du DCP. Les déplacements les plus importants ont été observés au début de la période nocturne de la première poursuite (fig. 3 b); il s'est alors écarté, selon une vitesse relativement élevée, jusqu'à 3 milles du DCP. Nous ne disposons pas de données sur l'environnement suffisantes (pas de données sur les courants et le vent) pour tenter d'interpréter cette orientation observée dans les déplacements et les positions relatives du DCP et de l'albacore.

4.1.2. DÉPLACEMENTS VERTICAUX

Les déplacements verticaux effectués par l'albacore sont représentés sur les figures 4 a et 4 b. Ce tracé a été réalisé manuellement, par intégration des relevés de profondeur observés périodiquement sur le décodeur. Le moment du lever et du coucher du soleil est également noté sur ces figures.

Par ailleurs, nous avons calculé le temps passé par l'albacore à différentes gammes de profondeur, en regroupant séparément les observations nocturnes et diurnes. Les résultats de ces calculs sont représentés sur la figure 5.

De l'examen de ces trois figures (fig. 4 a et b, fig. 5) il ressort :

- (a) que l'albacore se tient la plupart du temps à une profondeur voisine de 80 mètres;
- (b) que les mouvements verticaux sont moins nombreux et surtout moins importants de nuit que de jour (fig. 4 a, 4 b et 5);
- (c) que la gamme de profondeurs dans laquelle l'albacore évolue le plus souvent est moins élevée de nuit (50 à 80 mètres) que de jour (80 à 110 mètres) (fig. 5);
- (d) que la profondeur maximale atteinte (250 mètres, fig. 4 a) semble correspondre à une réaction au stress causé par l'opération de marquage. Les profondeurs maximales observées trois jours après le marquage sont rarement supérieures à 120 mètres (fig. 4 b);
- (e) que le poisson ne fait que des brèves incursions

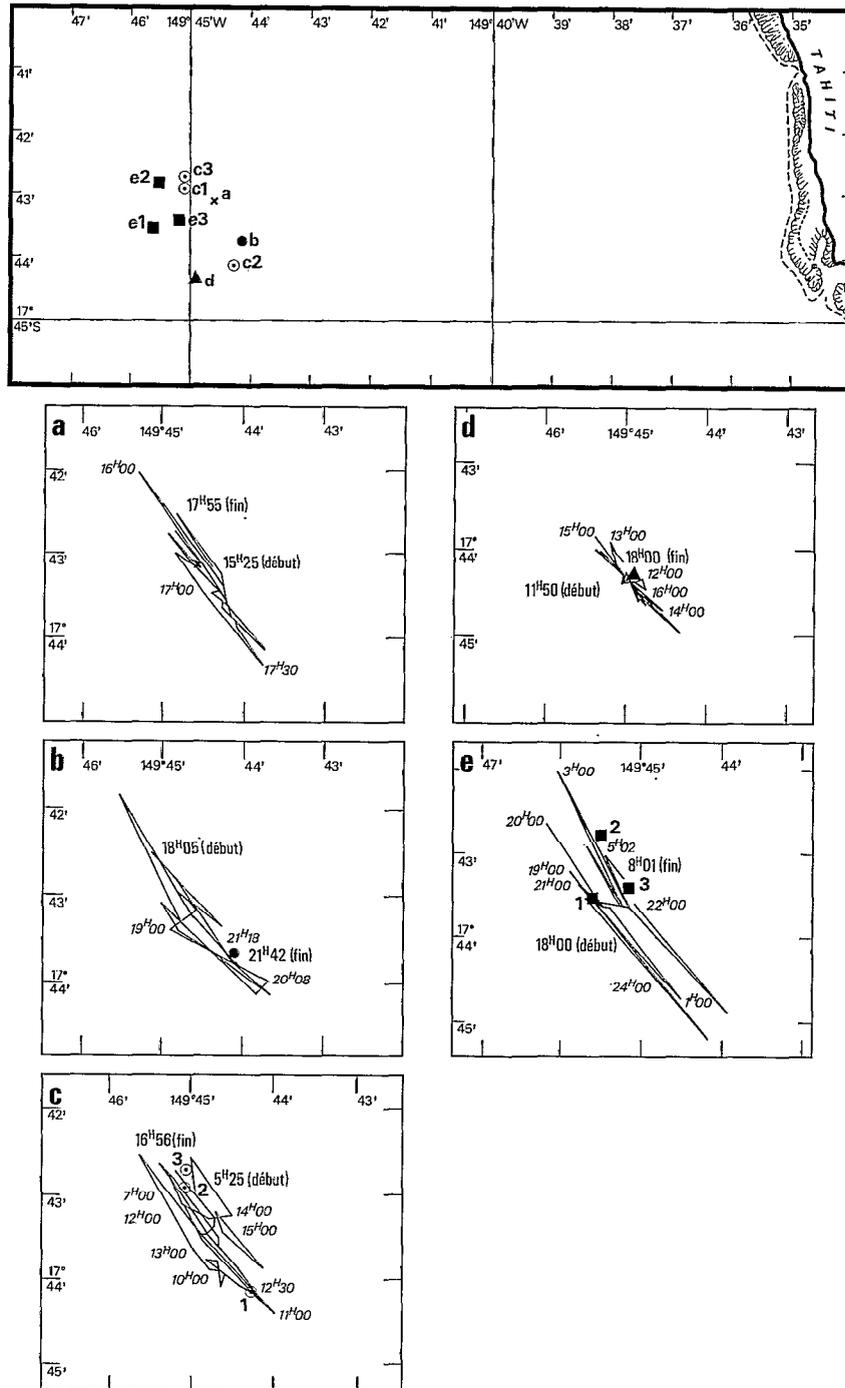


FIG. 3. — Albacore (*Thunnus albacares*) : positions du dispositif concentrateur de poissons (DCP) relevées pendant la poursuite et déplacements horizontaux de l'individu marqué (3 a à 3 e). Haut : situation du DCP et positions de celui-ci relevées au cours de la poursuite ; a : période diurne du 22.11 de 15 h 25 à 17 h 55 ; b : période nocturne du 22.11 de 18 h 05 à 21 h 42 ; c : période diurne du 23.11 de 5 h 25 à 16 h 56 ; d : période diurne du 25.11 de 11 h 50 à 18 h 00 ; e : période nocturne du 25.11 à 18 h 00 au 26.11 à 08 h 01. Yellow in tuna (*Thunnus albacares*) : positions of the fish aggregating device and horizontal movements of the tracked fish recorded during the tracks (3a to 3e). Upper panel : location of the FAD with regard of the coast, and positions recorded during the tracks ; a : Nov. 22nd, diurnal movements from 3.25 p.m. to 5.55 p.m. ; b : Nov. 22nd, nocturnal movements from 6.05 p.m. to 9.42 p.m. ; c : Nov. 23rd, diurnal movements from 5.25 a.m. to 4.56 p.m. ; d : Nov. 25th, diurnal movements from 11.50 a.m. to 6.00 p.m. ; e : nocturnal movements from Nov. 25th (6.00 p.m.) to Nov. 26th (8.01 a.m.)

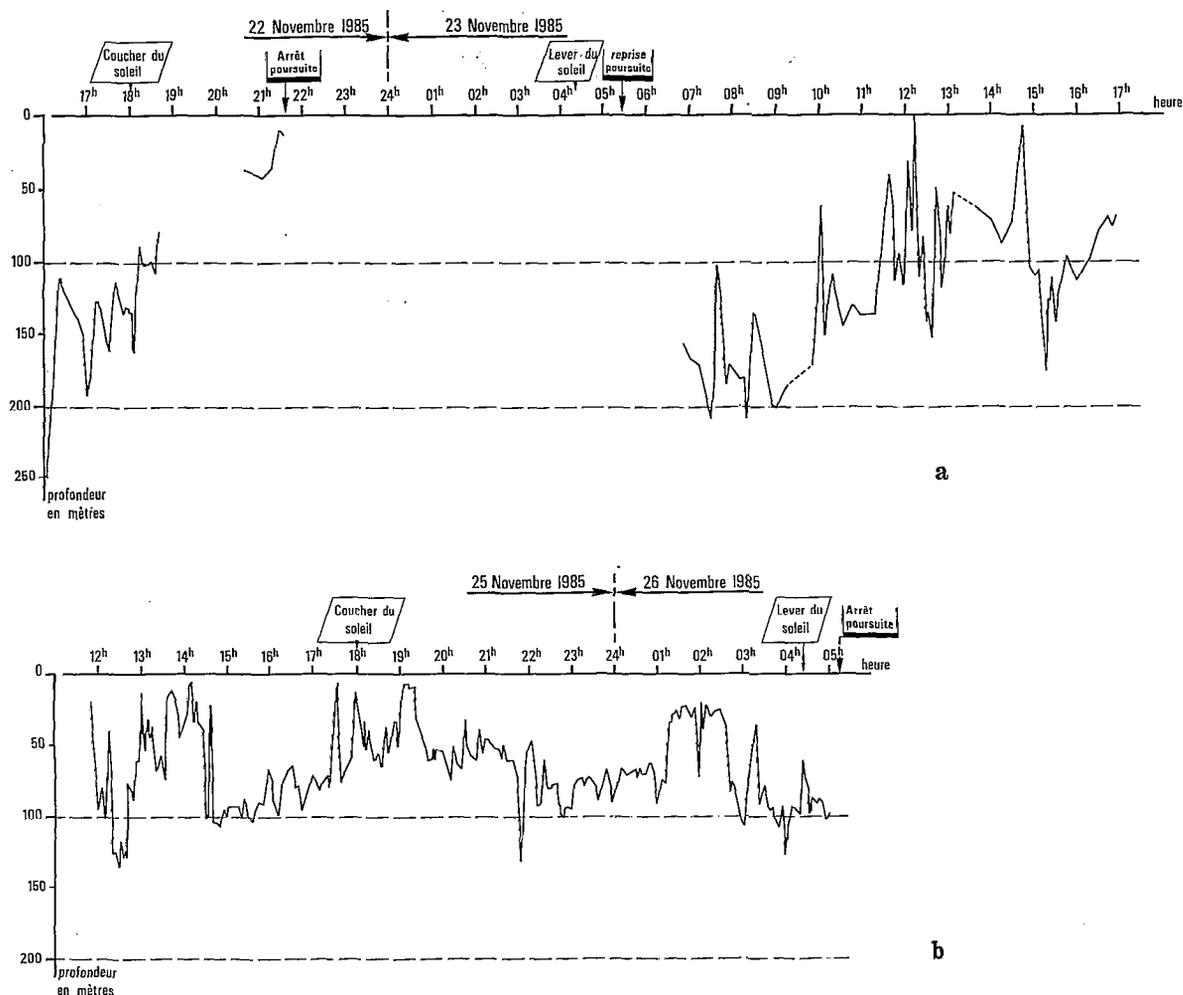


FIG. 4. — Albacore (*Thunnus albacares*) : déplacements verticaux observés du 22.11.85 au 26.11.85. *Yellowfin tuna* (*Thunnus albacares*) : vertical movements recorded from November 22nd to November 26th

dans la couche de surface (0-10 mètres, fig. 5) et que la majorité de celles-ci a été observée en milieu de journée (fig. 4 a et 4 b).

La profondeur préférentielle du poisson marqué se situe autour de 80 m, un peu en-dessous la nuit, plutôt en-dessous de jour. Si l'on se reporte au profil de température de la figure 2, on constate que l'albacore se tient le plus souvent à des profondeurs où la température est comprise entre 26 °C et 26,5 °C, à la partie inférieure de la couche de mélange.

4.1.3. VITESSE DE NAGE

En ce qui concerne la vitesse de nage nous nous sommes intéressés à trois cas :

— déterminer la vitesse de nage maximale atteinte

lors d'une plongée verticale (sans déplacement horizontal notable),

— déterminer la vitesse de nage en période de forte activité, c'est-à-dire avec des déplacements verticaux et horizontaux importants et/ou nombreux,

— déterminer la vitesse de nage minimale observée pendant une période de déplacements horizontaux et verticaux peu importants.

Vitesse de plongée : elle est facile à calculer puisqu'il suffit de choisir une période de déplacement vertical important sans déplacement horizontal simultané. Cette vitesse calculée sur une période totale de 2 minutes est de 1,3 m/s (i.e. 2,5 nœuds).

La vitesse de nage en période d'activité a été calculée selon deux hypothèses pour tenir compte de la

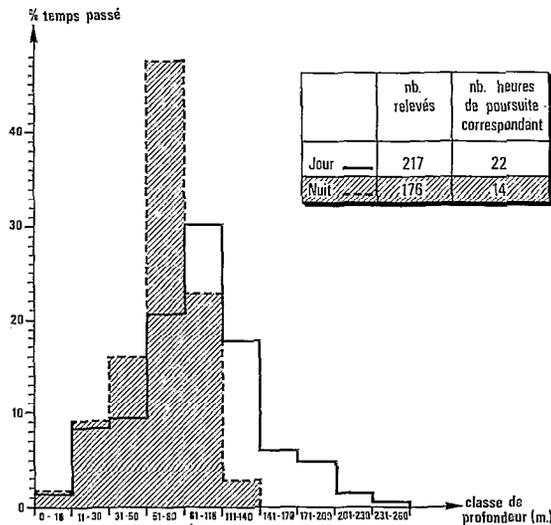


FIG. 5. — Albacore (*Thunnus albacares*) : diagramme du temps relatif (%) passé de jour ou de nuit à différentes tranches de profondeur. *Yellowfin tuna* (*Thunnus albacares*) : diagram of the percentage of time the tracked fish spends swimming at different depths by day and by night

surestimation éventuelle des déplacements du poisson introduite par les mouvements du bateau (cf. § 2.3.1.).

— en estimant que la distance horizontale parcourue par le poisson n'est égale qu'à 70 % de celle parcourue par le bateau; la vitesse de nage est alors de 0,597 m/s (i.e. 1.2 nœud);

— en estimant que la distance parcourue en surface par le bateau représente exactement celle parcourue par le poisson; la vitesse de nage est alors de 0,832 m/s (i.e. 1,6 nœud).

Vitesse minimum de nage : calculée de la même manière que précédemment sur une durée continue de 111 minutes, elle est comprise entre 0,143 m/s (0,3 nœud) et 0,205 m/s (0,4 nœud).

La comparaison des vitesses de nages calculées ici lors d'évolution en milieu naturel avec celles calculées d'après une formule théorique est originale. Il apparaît ainsi que les vitesses de nage observées ici semblent assez faibles, y compris celles concernant la période de forte activité (de 0,597 m/s à 0,832 m/s), si on les compare, notamment, aux vitesses minimums déterminées par la formule de Magnuson (MAGNUSON, 1970; MAGNUSON et WEININGER, 1978); SHARP et VLYMEN (1978) ont estimé au moyen de cette formule que la vitesse de nage calculée nécessaire à un albacore de 50 cm pour ne pas couler est de 0,547 m/s. On voit que dans notre cas les vitesses calculées en période d'activité maximum

sont à peine supérieures à cette valeur et que la vitesse minimum que nous avons observée (de 0,143 à 0,205 m/s) est, quant à elle, très inférieure à celle que l'on peut déduire de la formule de Magnuson pour un albacore de taille similaire.

Il est cependant évident que nous déterminons ici une vitesse moyenne qui peut être :

— soit sous-estimée par le déplacement linéaire du bateau si le poisson fait des crochets horizontaux ou verticaux;

— soit surestimée si comme nous l'avons vu (cf. § 2.3.) le poisson se déplaçant peu, il y a « création » ou amplification de ces déplacements.

4.2. Listao

4.2.1. DÉPLACEMENTS HORIZONTAUX

Les déplacements horizontaux effectués par le listao sont représentés sur les figures 6 a à 6 c. Les remarques suivantes sont suscitées par l'examen de ces figures :

(a) le listao se tient toujours à une certaine distance du DCP (en moyenne 1 à 2 milles) et non pas réellement sous le DCP comme c'était le cas pour l'albacore.

(b) la direction de déplacement NW-SE est également la plus fréquente, mais pas autant que pour l'albacore chez qui elle est quasi-exclusive. Les commentaires faits sur la réalité dans le cas de l'albacore de ces mouvements (§ 3.1.1.) sont valables pour le listao. Une observation effectuée au cours de sa poursuite confirme que les déplacements de va-et-vient, s'ils peuvent être amplifiés par la méthode de travail, ne sont pas ici un artefact. En effet, à plusieurs reprises au cours de la poursuite le listao ne s'est pas ou très peu déplacé horizontalement pendant une période assez longue, pour n'effectuer alors que des mouvements verticaux, et nous avons très vite décelé ce comportement et stoppé le bateau.

(c) le listao se tient exclusivement au sud du DCP dans un secteur SW-SE.

(d) le comportement semble bien différent la nuit et le jour. De nuit le poisson s'éloigne du DCP et effectue un important parcours (fig. 6 c) qui l'amène jusqu'à une distance de plus de 6 milles du DCP. On peut en conclure que le listao est capable de retrouver le DCP et, par conséquent, que la zone d'influence (ou d'attraction) d'un DCP est de plusieurs milles.

Ainsi que nous l'avons dit pour l'albacore, nous ne disposons pas de données suffisantes sur l'environnement permettant de rechercher une relation entre des paramètres hydrologiques et les déplace-

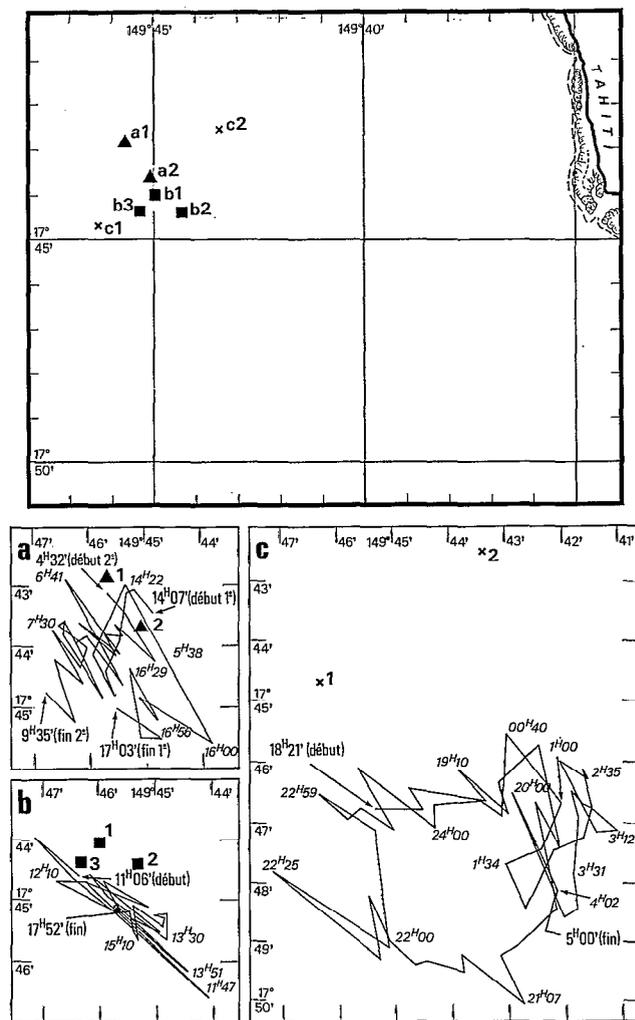


FIG. 6. — Listao (*Katsuwonus pelamis*) : positions du dispositif concentrateur de poissons (DCP) relevées pendant la poursuite et déplacements horizontaux de l'individu marqué (6 a à 6 c). Haut : situation du DCP et positions de celui-ci relevées au cours de la poursuite ; a : périodes diurnes du 27.11 de 14 h 07 à 17 h 00 (n° 1) et du 28.11 de 4 h 32 à 9 h 35 (n° 2) ; b : période diurne du 28.11 de 11 h 06 à 17 h 52 ; c : période nocturne du 28.11 à 18 h 21 au 29.11 à 5 h 00. Skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) : positions of the fish aggregating device and horizontal movements of the tracked fish recorded during the tracks (3a to 3e). Upper panel : location of the FAD with regard to the coast, and positions recorded during the tracks ; a : diurnal movements from Nov. 27th 2.07 p.m. to 5.00 p.m. (n° 1), and from Nov. 28th 4.32 a.m. to 9.35 a.m. (n° 2) ; b : Nov. 28th, diurnal movements from 11.06 a.m. to 5.52 p.m. ; c : nocturnal movements from Nov. 28th (6.21 p.m.) to Nov. 29th (5.00 a.m.)

ments observés du poisson ou la position préférée de celui-ci par rapport au DCP.

4.2.2. DÉPLACEMENTS VERTICAUX

Comme pour l'albacore (§ 3.1.2.) les mouvements verticaux effectués par le listao ont été tracés manuellement (fig. 7). Le temps passé à différentes tranches de profondeur au cours de cette poursuite a été calculé séparément pour la nuit et le jour (fig. 8).

L'observation de ces deux figures montre que :

(a) le listao évolue en moyenne dans une gamme de profondeur plus importante le jour (50-110 m) que la nuit (11-30 m) (fig. 8) ; cette différence est beaucoup plus marquée que celle observée chez l'albacore ;

(b) le listao présente une activité intense de plongées (jusqu'à 100 m) et remontées (jusqu'à environ 20 mètres) successives au cours de l'après-midi ; c'est au cours de cette période d'intense activité

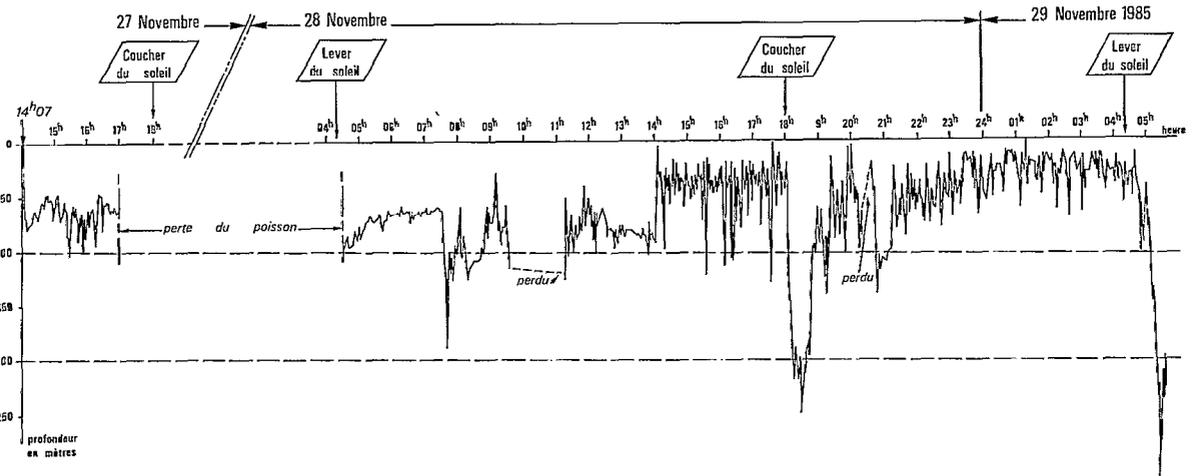


FIG. 7. — Listao (*Katsuwonus pelamis*) : déplacements verticaux observés du 27.11.85 au 29.11.85. Skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) : vertical movements recorded from November 27th to November 29th

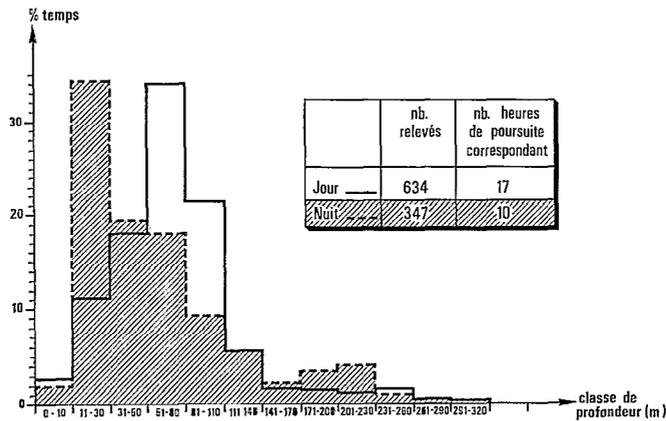


FIG. 8. — Listao (*Katsuwonus pelamis*) : diagramme du temps relatif (%) passé de jour ou de nuit à différentes tranches de profondeur. Skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) : diagram of the percentage of time the tracked fish spends swimming at different depths by day and by night

verticale qu'il fait de brèves incursions jusqu'à la surface (fig. 7);

(c) au lever et au coucher du soleil, le listao effectue une plongée profonde et rapide; ce sont les plongées les plus importantes (250 m et 318 m) que nous ayons observées au cours de cette poursuite;

(d) les mouvements verticaux nocturnes du listao sont réduits (plongées moins importantes et moins nombreuses) par rapport à ceux qui peuvent être observés de jour;

(e) comme pour l'albacore, nous soulignerons la brièveté des incursions dans la couche de surface (0-10 m, fig. 8).

En dehors des périodes de plongées profondes de courte durée, le listao se déplace dans un intervalle

de profondeur allant de 10 m à 110 m. De jour, il se tient entre 50 et 110 m, à peu près au même niveau que l'albacore, à la partie inférieure ou juste en-dessous de la couche de mélange. La nuit, il remonte à l'intérieur de cette couche. Du point de vue de la température, le listao se maintient généralement entre 26 °C et 27 °C. Il pénètre dans les eaux plus froides lors de ses plongées au cours desquelles il peut alors atteindre des profondeurs auxquelles la température est comprise entre 17 °C et 20 °C (fig. 2).

Globalement, deux types de comportement peuvent être distingués :

— des périodes de déplacements horizontaux limités et de mouvement verticaux fréquents et importants; ce comportement a été notamment observé au cours

de l'après-midi pendant une durée d'environ trois heures; le poisson ne s'est pratiquement pas déplacé, mais il a changé continuellement de profondeur, entre 0 et 120 mètres (fig. 7);

— des périodes de déplacements horizontaux importants et mouvements verticaux limités et moins fréquents; ce comportement a été surtout observé de nuit.

4.2.3. VITESSE DE NAGE

Selon les mêmes méthodes que celles exposées pour l'albacore (§ 4.1.3.) nous avons calculé la vitesse de nage du listao dans 4 cas :

plongée verticale sans déplacement horizontal notable; calculée sur une durée continue de 33 minutes, la vitesse est de 0,248 m/s (i.e. 0,5 nœud);

déplacement horizontal rapide (« rush ») sans déplacements verticaux importants; calculée sur une durée de 37 minutes et alors que le listao se déplaçait à une profondeur comprise essentiellement entre 40 et 60 mètres, la vitesse est de 5,585 m/s (10,9 nœuds) si l'on assimile complètement le déplacement horizontal du poisson à celui du bateau; cette vitesse est de 3,920 m/s (7,6 nœuds) si l'on estime que le déplacement réel du poisson n'est égal qu'à 70 % de celui enregistré pour le bateau;

vitesse de nage en période d'activité avec mouvements verticaux et horizontaux notables; calculée sur une durée de 29 minutes, elle est de 1,068 m/s soit 3,6 nœuds si l'on retient la totalité du déplacement horizontal du bateau ou de 1,061 m/s, soit 2,1 nœuds si l'on ne retient que 70 % du déplacement du bateau;

vitesse minimum de nage; calculée sur une durée de 30 minutes pendant laquelle le listao évoluait entre 81 et 87 mètres, elle est comprise entre 1,029 m/s (2,0 nœuds) et 0,716 m/s (1,39 nœud) selon que l'on retient la totalité du déplacement du bateau ou seulement 70 % de ce déplacement.

On remarquera que, contrairement à l'albacore, les estimations de la vitesse minimum de nage (de 1,029 à 0,716 m/s) sont bien en accord avec celle (0,8 m/s) calculée selon la formule de MAGNUSON (1970) pour un listao de même taille.

5. DISCUSSION GÉNÉRALE

5.1. Précision du positionnement du bateau et du DCP

Le positionnement du bateau, effectué au radar selon la méthode décrite au paragraphe 2.3., se fait avec une certaine erreur. Cette erreur se décompose en deux parties :

— une erreur sur l'évaluation de la distance entre le bateau et le point de référence situé à la côte (amer),

— une erreur sur le gisement de cet amer.

La première erreur est faible étant donné la précision du radar utilisé; elle peut être estimée à $\pm 0,3$ mille. La seconde erreur qui exige, avec une mer plus ou moins agitée, une lecture simultanée du relèvement radar de l'amer (angle de gisement) et du cap affiché sur le compas de navigation du bateau, peut introduire une erreur de l'ordre de 2 degrés; compte tenu de l'éloignement du bateau par rapport aux amers, environ 10 milles dans le cas présent, cette erreur d'angle induit une erreur de positionnement de $\pm 0,3$ mille.

La position du bateau est donc connue avec une incertitude qui se matérialise par une zone comprise dans un cercle de 0,3 mille de rayon.

Étant donné que la position du DCP est relevée à partir de celle du bateau l'incertitude sur sa position exacte sera encore plus grande. A partir de plusieurs relèvements successifs de la position du DCP effectués en mer pendant un court laps de temps (3 séries de 6 relevés par heure), nous avons pu estimer que la précision du positionnement de la bouée était de ± 1 mille.

En faisant l'hypothèse que le rayon d'évitage du DCP ancré par 2 500 mètres de fond est d'environ 0,5 mille seulement, on comprend qu'il n'est pas possible de connaître sa position exacte puisque l'erreur d'estimation (± 1 mille) est supérieure au rayon d'évitage. Ces estimations d'erreur et de rayon d'évitage faites selon une méthode assez grossière semblent bien réalistes puisque l'ensemble des positions relevées du DCP s'inscrit effectivement dans un cercle de 1,5 mille de rayon (fig. 3 et 6).

Il n'est donc pas possible dans le cas présent de suivre les mouvements du DCP et donc de faire une hypothèse sur le sens du courant en analysant ces mouvements.

5.2. Position relative des poissons marqués et du DCP

En ce qui concerne la position des poissons marqués par rapport au DCP, s'il n'est pas possible de suivre heure par heure l'évolution de cette position relative en raison des incertitudes évoquées ci-dessus, on peut cependant la connaître globalement.

L'albacore reste toujours au voisinage immédiat du DCP, dans un cercle de 0,6 mille environ entourant celui-ci.

Le listao se tient toujours dans un secteur compris entre le DCP et les axes SW et SE tracés à partir de celui-ci; pendant la journée, il se tient au voisinage du DCP ou dans le secteur décrit ci-dessus à une distance ne dépassant pas 2 milles. De nuit, il se

tient toujours dans le même secteur mais à une distance du DCP qui peut aller jusqu'à 6 milles.

5.3. Comparaison avec les résultats antérieurs

Plusieurs expériences de marquages et de poursuites acoustiques ont été faites sur des albacores et des listaos depuis 1970 (YUEN, 1970; DIZON *et al.*, 1978; CAREY and OLSON, 1982; LEVENEZ, 1982; YONEMORI, 1982). L'ensemble de ces différentes expériences montre, comme nous l'avons observé ici, que les poissons effectuent de fréquentes plongées jusqu'à des profondeurs importantes qui peuvent dépasser 400 mètres (CAREY and OLSON, 1982; LEVENEZ, 1982). En ce qui concerne le listao, plusieurs auteurs ont observé comme nous, qu'il nageait en moyenne moins profondément durant la nuit (DIZON *et al.*, 1978; LEVENEZ, 1982) et que ses plongées étaient alors moins importantes en fréquence et en amplitude que pendant le jour.

YUEN (1970) a noté la propriété que semblent avoir les thons, les listaos notamment, à localiser un endroit précis et à y revenir après s'en être éloignés au cours de la nuit. Le listao que nous avons suivi paraît avoir eu un comportement de ce type. En effet, nous l'avons retrouvé le matin au voisinage du DCP (fig. 6 a, début période 2) alors que nous l'avions perdu le soir précédent à environ deux milles et qu'il semblait s'éloigner de ce DCP (fig. 6 a, fin période 1).

CAREY et OLSON (1982) soulignent que l'albacore semble passer peu de temps en surface, et nous avons ici très largement pu vérifier cette observation à la fois sur l'albacore et sur le listao.

En ce qui concerne plus particulièrement les résultats et observations présentés ici sur le comportement des thons au voisinage d'un DCP, il est pour l'instant délicat, faute de publications, de les comparer avec d'autres travaux. Nous signalerons cependant que des recherches de ce type sont actuellement en cours de réalisation à Hawaï, mais nous ne disposons pour l'instant que de rapports préliminaires sur le déroulement de ces travaux (HOLLAND *et al.*, 1985).

5.4. Déterminisme des mouvements verticaux

CAREY et OLSON (1982), à la suite de leurs opérations de marquage acoustique, émettent l'hypothèse selon laquelle les poissons évolueraient au sein de la couche de mélange pendant leur période de nutrition et descendraient au niveau de la thermocline pendant leur période de migration ou de jeûne. Il est délicat de vérifier la véracité de cette double hypothèse à partir de nos résultats; en effet, les conditions de nos expériences sont très particulières

puisqu'elles ont été pratiquées sur des individus « fixés » à proximité d'un DCP et non sur des individus évoluant en milieu libre comme le furent celles de CAREY et OLSON. Ainsi, l'albacore et le listao suivis ici, n'étaient pas en migration. Pour ce qui est de l'hypothèse concernant la relation entre les déplacements verticaux et la nutrition, elle est difficilement vérifiable actuellement. En effet, simultanément aux expériences de marquage acoustique, il semble indispensable dans l'avenir de pratiquer un inventaire précis des espèces susceptibles de servir de proies aux thons dans les différentes couches d'eau fréquentées par ceux-ci au cours de leurs évolutions. La relation éventuelle entre les nombreux déplacements verticaux et l'alimentation des thons, est d'autant plus intéressante à explorer que celle entre ces mêmes mouvements et les différents paramètres ou conditions hydrologiques n'est pas claire.

Si l'on s'attache plus particulièrement au cas du listao, dont les mouvements verticaux sont particulièrement importants en fréquence et en amplitude (fig. 4 et 7), il est intéressant de considérer les hypothèses qui ont été faites sur le déterminisme de ces déplacements. SHARP et VLYMEN (1978), et DIZON *et al.*, (1978) ont ainsi émis l'hypothèse selon laquelle les listaos effectuent des incursions en profondeur pour dissiper leur chaleur métabolique mais que ces incursions sont très brèves en raison du faible taux d'oxygène dissous et des températures inférieures aux seuils de tolérance de l'espèce (CAYRÉ, 1985). Si cette hypothèse semblait assez conciliable avec les observations faites au cours des poursuites acoustiques menées, dans l'Atlantique notamment (LEVENEZ, 1982), elle ne semble guère compatible avec les observations faites ici, à savoir :

- la température ne diminue que de 2 °C (de 27 °C à 25 °C) entre la surface et 150 mètres, profondeur qui est rarement dépassée (fig. 4 et 7);

- les valeurs de température que l'on peut relever jusqu'à 250 mètres de profondeur (22 °C) sont loin d'atteindre le seuil thermique de tolérance de l'espèce (env. 18 °C, DIZON *et al.*, 1977), et semblent en première analyse trop élevées pour permettre une dissipation significative de la chaleur métabolique telle qu'évoquée plus haut;

- la baisse de température est très progressive et ne devrait pas constituer un obstacle au passage des individus;

- en ce qui concerne l'oxygène, il est dissous à un taux proche de celui de saturation (6,0 ml/l), et n'est donc pas ici un facteur limitant de la durée des plongées, ni même de leur profondeur puisque la tolérance de l'espèce vis-à-vis de l'oxygène est caractérisée par un seuil inférieur de 3 ml/l (GOODING

et al., 1981), seuil en-dessous duquel le listao ne peut survivre que pendant quelques heures. On notera que ce seuil inférieur de tolérance est encore plus bas pour l'albacore (env. 2 ml/l).

La multiplication des expériences de marquages acoustiques dans des zones aux caractéristiques hydrologiques bien différentes, jointe à des expérimentations en bassin, permettra sans doute de mieux cerner les causes de ces mouvements verticaux dont le déterminisme reste pour l'heure largement inexplicé.

5.5. Limites de la technique du marquage acoustique

Malgré une bonne concordance entre les différents résultats et conclusions issus des diverses expériences de marquages acoustiques de thonidés réalisées depuis les années 70, il faut souligner que des incertitudes liées à la méthode elle-même demeurent sur les observations effectuées et sur les interprétations qui en sont faites.

La première de ces incertitudes concerne l'effet du port d'une marque, somme toute assez volumineuse, sur le comportement des individus. Un certain nombre de faits conduisent cependant à penser que cet effet est probablement limité et négligeable;

— dans nos expériences, si l'albacore marqué ici (individu de petite taille) paraît avoir eu une réaction de stress au cours des premières heures (plongée et nage en profondeur entre 100 et 200 mètres), il s'est tenu ensuite à des profondeurs où les bancs de thonidés sont habituellement détectés. Quant au listao on a pu constater au sondeur ou à l'occasion de ses incursions à la surface qu'il avait après son marquage, rejoint un groupe d'autres listaos et évolué avec ceux-ci pendant toute la durée de l'expérience;

— un pêcheur aurait recapturé à la ligne de traîne un poisson porteur d'une marque acoustique trois semaines après son marquage (HOLLAND *et al.*, 1985); ce poisson apparaissait en bonne condition, suffisamment en tout cas pour venir mordre sur le leurre.

La concordance et la constance des observations faites sur le comportement des albacores ou listaos à l'occasion des diverses expériences de marquages acoustiques réalisées depuis 1970 semble bien significative. En effet cette concordance des résultats pour chaque espèce s'observe malgré la diversité de la taille des individus marqués (albacores de 54 à 98 cm, listaos de 40 à 70 cm) et donc malgré une importance relative très diverse de la gêne éventuellement occasionnée par le port d'une marque. La diversité des conditions hydrologiques régnant sur les différents lieux d'expérimentation plaide égale-

ment en faveur de la réalité de ces observations concordantes.

Le nombre d'expériences de marquages réalisés depuis 1970 demeure faible et la quantité de poissons marqués très limitée (une vingtaine d'albacores et de listaos) en regard de la dispersion des lieux de marquage et de la diversité des conditions d'environnement. Les gammes de tailles des individus marqués vont de 54 à 98 cm pour l'albacore et de 40 à 70 cm pour le listao, elles sont donc loin de recouvrir la totalité de l'intervalle des tailles exploitées. Dans ces conditions, la question qui se pose est de savoir qu'elle est la part dans les observations qui relève du cas particulier de l'expérimentation considérée et celle qui est due à une loi générale régissant le comportement de l'espèce.

A cet effet on se souviendra qu'une des caractéristiques essentielles du comportement des thons en général est la formation de bancs. Bien que l'on ne dispose que de peu d'informations sur la structure des bancs de thons tropicaux comme l'albacore ou le listao, cette forme de regroupement, quel qu'en soit la nature exacte, est une constante de ces espèces dans la mesure où l'on ne rencontre pas d'individus vivant isolément. D'après des analyses antérieures et des observations réalisées lors de campagnes de marquages classiques (CAYRÉ, 1982), un banc de thonidés serait une entité instable en perpétuel renouvellement (départs et arrivées permanents de poissons). Le problème du comportement des agrégations ou bancs de thons et de leur relation avec un DCP est *a priori* bien différent de celui concernant qu'un individu isolé. Il serait donc particulièrement intéressant de déterminer dans quelle mesure les conclusions issues de marquages acoustiques, qui ne mettent en jeu qu'un seul individu, peuvent être extrapolées à un groupe de poissons formant un banc. Le degré d'application dépend de la nature de l'entité « banc », de sa structure, de sa cohésion et de la durée de cette cohésion.

Dans le cas présent les conditions d'expérimentation sont particulièrement intéressantes car pour la première fois le lieu des marquages se situe à proximité d'un DCP, et l'on peut penser que ce DCP a une influence déterminante au moins sur les déplacements horizontaux des poissons observés. Cette condition particulière rend nos résultats immédiatement comparables avec d'autres travaux qui seraient réalisés à proximité d'un DCP.

Nous avons déjà noté que certains comportements se retrouvaient d'une expérience à une autre de façon tout à fait comparable. Cependant, les hypothèses faites sur la ou les causes de ce comportement sont parfois infirmées ou non confirmées par les expérimentations successives; comme nous l'avons souligné en introduction ces causes demeurent en conséquence largement inconnues.

6. CONCLUSION

Les comportements des deux espèces présentent des similitudes et des différences notables. Au titre des premières, on retiendra :

- les déplacements verticaux (succession de plongées ou de montées) pratiquement ininterrompus;
- les profondeurs de nage préférentielles très voisines, situées de jour autour de 80 m (80-110 m pour l'albacore, 50-80 m pour le listao); toutefois, la remontée nocturne est plus accentuée pour le listao qui se tient le plus souvent entre 10 et 30 m que pour l'albacore (50 à 80 m);
- la rareté et la brièveté des séjours en surface.

Les différences les plus apparentes sont les suivantes :

- le listao est globalement plus actif que l'albacore (déplacements horizontaux et verticaux plus importants et plus rapides);
- le rythme circadien du listao est constitué de deux phases aux caractéristiques bien marquées, l'une, de jour, présentant des mouvements verticaux importants et des déplacements horizontaux relativement réduits, l'autre, de nuit, présentant des mouvements verticaux limités et des déplacements horizontaux étendus; chez l'albacore, aucun changement notable n'apparaît entre le jour et la nuit.

En ce qui concerne plus précisément les comportements de chacune des deux espèces vis-à-vis du DCP, ils sont caractérisés par une différence essentielle : l'albacore reste sous ou à proximité du DCP en permanence alors que le listao se tient en moyenne à une distance assez importante notamment la nuit (environ 5-6 milles); et même si cette distance est moins importante de jour (1 à 3 milles) le listao ne vient réellement à proximité du DCP que pendant de courtes périodes.

Les observations analysées ici semblent indiquer que le rayon d'action d'un DCP est de plusieurs milles, à moins qu'il n'y ait une mémorisation de l'emplacement du DCP par les individus qui l'ont approché une fois et y reviennent par la suite.

Le fait qu'aucun déplacement des poissons marqués d'un DCP vers les autres DCP de la région n'ait

été observé, et cela malgré une observation suivie pendant près de 4 jours dans le cas de l'albacore, est intéressant à souligner. Cette observation pose le problème du mécanisme de renouvellement des poissons concentrés sous un DCP en cas d'exploitation halieutique de cette forme d'association. Il semble crucial de résoudre cette question. Les marquages acoustiques constituent une source importante et utile de connaissances sur le comportement des thonidés. Cependant, ainsi que nous l'avons vu plus haut, l'interprétation et la généralisation des résultats trouvent leurs limites dans le caractère individuel de l'observation et dans sa très courte durée. De nombreuses questions restent donc en suspens et concernent :

- le comportement grégaire des albacores et des listaos vis-à-vis d'un DCP, c'est-à-dire sur la structure et l'évolution dans le temps et dans l'espace de la nature des bancs rassemblés par un ou des DCP,
- d'autre part, les relations des individus proprement dits avec le DCP (durée du séjour près de DCP, modalités de ce séjour, renouvellement des individus...).

La réalisation d'expériences de marquages acoustiques dans diverses situations permet de dégager, par comparaison des résultats, les éléments caractéristiques du comportement des espèces étudiées. L'apport des expérimentations effectuées en Polynésie est intéressant de ce point de vue. En effet, la région constitue un milieu expérimental particulier, en raison de la grande épaisseur de la couche homogène, de la thermocline peu marquée et de la pauvreté générale du milieu. Toutefois, pour être pleinement efficaces, les opérations de marquage acoustique du type de celles décrites ici doivent être complétées par d'autres observations permettant de s'adresser à un plus grand nombre de poissons (marquages classiques), d'augmenter la durée des observations (réalisation de marquages acoustiques avec des marques à longue durée de fonctionnement), d'observer directement *in situ* les poissons rassemblés et les suivre par des méthodes de télédétection.

*Manuscrit accepté par le Comité de Rédaction le 15 janvier 1987
et reçu au Service des Éditions le 21 avril 1987.*

BIBLIOGRAPHIE

- CAREY (F. G.) and OLSON (R. J.), 1982. — Sonic tracking experiments with tunas. ICCAT, *Col. Vol. of Sci. Pap.*, 17 (2) : 458-466.
- CAYRÉ (P.), 1982. — Qu'est ce qu'un banc de listao (*Katsuwonus pelamis*) ? Quelques réflexions à partir des observations faites lors des campagnes de marquage. ICCAT, *Col. Vol. of Sci. Pap.*, 17 (2) : 467-470.
- CAYRÉ (P.), 1985. — Contribution à l'étude de la biologie et de la dynamique des populations de listao (*Katsuwonus pelamis*) de l'Atlantique. Thèse d'État Université Pierre et Marie Curie (Paris VI), tome 1 et 2, 468 pp.
- DE SAN (M.), 1982. — Fish aggregating devices or payaos, South Pac. Comm. Fish. Rep. 14/WP 15, 26 pp.
- DIZON (A. E.), BRILL (R. W.) and MAGNUSON (J. J.), 1977. — Rapid temperature compensation of voluntary swimming speeds and lethal temperatures in tropical swimming tunas (Scombridae). *Environ. Biol. Fishes*, 2 : 83-92.
- DIZON (A. E.), BRILL (R. W.), YUEN (H. S.), 1978. — Correlations between environment, physiology and activity and the effects on thermoregulation in skipjack tuna. In : *The physiological ecology of tunas* : 233-260. Ed. by G.D. Sharp and A. E. Dizon, New York and London : Academic Press : 233-259.
- GOODING (R. M.), NEILL (W. H.) and DIZON (A. E.), 1981. — Respiration rates and low-oxygen tolerance limits in skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*). *Fish. Bull. US*, 79 : 31-48.
- GREENBLATT (P. R.), 1979. — Associations of tunas with floatsam in the Eastern Tropical Pacific. *Fish. Bull., U.S.*, 77 : 145-155.
- HOLLAND (K.), CHANG (R.) and FERGUSSON (S.), 1985. — Progress report on tuna tracking. *South Pac. Comm. Fisheries Newsletter*, 32 : 19-23.
- HUNTER (J. R.) and MITCHELL (C. T.), 1968. — Association of fishes with floatsam in the offshore waters of Central America. *Fish. Bull. U.S.*, 66 : 13-29.
- INOUE (M.), AMANO (R.), IWASAKI (Y.) and YAMAUCHI (M.), 1968. — Tagging experiments on the experimental driftwoods as part of ecological studies of tunas. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 34 (4) : 99-105.
- LEVENEZ (J. J.), 1982. — Note préliminaire sur l'opération sénégalaise de « tracking » de listao. ICCAT *Col. Vol. Sci. Pap.*, 17 (1) : 189-194.
- MAGNUSON (J. J.), 1970. — Hydrostatic equilibrium of *Euthynnus affinis*, a pelagic teleost without a gasbladder. *Copeia* : 56-85.
- MAGNUSON (J. J.) and WEININGER (D.), 1978. — Estimation of minimum sustained speed and associated body drag of scombrids. In : *The physiological ecology of tunas* : 293-312, Ed. by G.D. Sharp and A. E. Dizon, New York and London : Academic Press.
- MATSUMOTO (W. M.), KAZAMA (T. K.) and AASTED (D. C.), 1981. — Anchored fish aggregating devices (FAD) in Hawaiian waters. *Mar. Fish. Rev.*, 43 (9) : 1-13.
- PRESTON (G.), 1982. — The Ijian experience in the utilisation of fish aggregating devices. South. Pac. Comm. Fish. Rep. 14/WP25, 61 pp.
- SACCHI (J.), 1986. — Les dispositifs de concentration de poissons et le développement des pêches côtières. *Equinoxe*, 9 : 14-22.
- SHARP (G. D.) and VLYMEN (W. I.), 1978. — The relation between heat generation, conservation, and the swimming energetics of tunas. In : *The physiological ecology of tunas* : 213-232, Ed. by G. D. Sharp and A. E. Dizon, New York and London : Academic Press.
- STRETTA (J. M.) et SLEPOUKHA (M.), 1986. — Analyse des facteurs biotiques et abiotiques associés aux bancs de thons. In : *Proc. of the ICCAT Conference on the International Skipjack Year Program* : 161-169, ed. by Symons, P.E.K., P. M. Miyake and G. T. Sakagawa, Madrid : Internat. Comm. Conserv. Atl. Tunas.
- STEUERT (B.) et MARSAC (F.), 1986. — La pêche de surface des thonidés tropicaux dans l'Océan Indien. *FAO Doc. Tech. Pêches*, 282, 213 pp.
- SUND (P. N.), BLACKBURN (M.) and WILLIAMS (F.), 1981. — Tunas and their environment in the Pacific Ocean : a review. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 19 : 443-512.
- UGOLINI (B.) et ROBERT (R.), 1982. — Dispositifs de concentration de poissons en Polynésie française. *La Pêche Maritime*, 1256 : 631-633.
- YONEMORI (T.), 1982. — Study of tuna behaviour, particularly their swimming depths by use of sonic tags. *Far Seas Fish. Res. Lab. Newsletter*, 44 : 1-5. Engl. Transl. by T. OTSU, *U.S. Nat. Mar. Fish. Serv.*, Honolulu Lab., 70, 1983.
- YUEN (H. S.), 1970. — Behavior of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*), as determined by tracking with ultrasonic devices. *J. Fish. Res. Bd Canada*, 27 (11) : 2071-2079.