

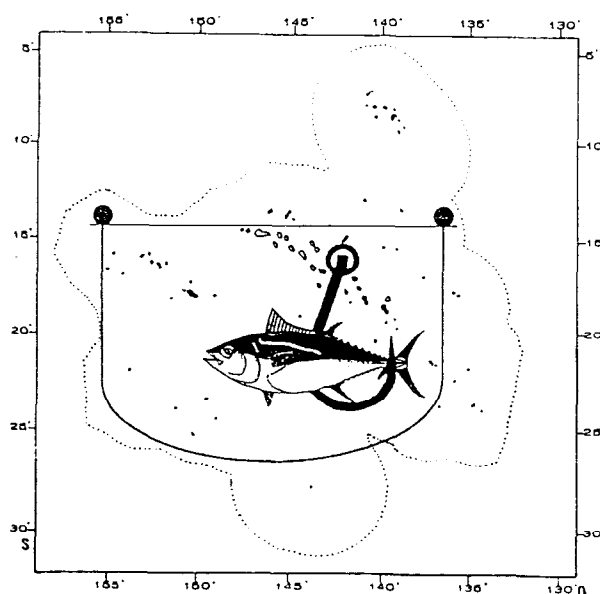
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE DE RENNES

DIPLOME D'AGRONOMIE APPROFONDIE
Département Environnement et Exploitation des Ressources Naturelles
Unité HALIEUTIQUE

Présenté par

Bertrand WENDLING

LA PECHE THONIERE POLYNESIENNE
A LA PALANGRE MONOFILAMENT
COMPORTEMENT DE L'ENGIN : AIDE A LA CONNAISSANCE DE LA RESSOURCE



Sous la direction scientifique de : René ABBES*
Pascal BACH**

* - IFREMER, antenne R.H., c/o Centre ORSTOM, B.P. 529, Papeete, Polynésie Française

** - Centre ORSTOM, B.P. 529, Papeete, Polynésie Française

Centre de documentation ORSTOM

Cote: AX 13627 Ex: 1



Département : Département Environnement et Exploitation
des Ressources Naturelles

Spécialisation : Halieutique

Enseignant responsable : Didier GASCUEL

Cadre réservé à la Bibliothèque Centrale

Auteur(s) : Bertrand WENDLING

Organisme d'accueil : IFREMER - ORSTOM
Adresse : Antenne IFREMER "Ressources Halieutiques"
ORSTOM

Nbr. de pages : 88 annexe(s) : 9
Année de soutenance : 1994

BP 529 Papeete TAHITI - POLYNESIE FRANCAISE
Responsable scientifique : René ABBES Pascal BACH

Titre :

LA PECHE THONIERE POLYNESIENNE A LA PALANGRE MONOFILAMENT
COMPOTEMENT DE L'ENGIN : AIDE A LA CONNAISSANCE DE LA RESSOURCE

Résumé :

Elaboré en 1988 par les autorités territoriales, le plan de développement de la pêche hauturière à la palangre en Polynésie Française est orienté vers l'exploitation des thons profonds. En raison du manque d'informations sur la répartition et le comportement de cette ressource profonde l'EVAAM, l'IFREMER et l'ORSTOM mènent conjointement un programme d'accompagnement technologique et scientifique.

Dans le cadre de ces recherches le Navire Océanographique "Alis" de l'ORSTOM a réalisé en 1993 une série de pêches expérimentales sur l'ensemble de la ZEE polynésienne. Vingt-six palangres instrumentées, avec des horloges d'hameçon et des enregistreurs profondeur/température, ont été posées. Au total 8944 hameçons ont été mis à l'eau, 694 horloges ont été déclenchées (mordages) pour 271 captures regroupant 24 espèces différentes.

Les données collectées lors de cette campagne ont permis, l'élaboration d'un modèle décrivant la forme de la palangre, l'analyse de la distribution spatio-temporelle des captures et des mordages ainsi que le comportement du poisson face à l'engin de pêche.

Enfin, à partir d'embarquements réalisés sur des palangriers professionnels et en utilisant les enregistreurs de profondeur/température, l'étude du comportement de la palangre en fonction des tactiques de pêches a été initiée.

Abstract :

Planned in 1988 by the Territorial Government, the fishing development of the longliner fleet from French Polynesia is oriented towards the exploitation of deep tunas. The lack of information on the distribution and the behaviour of this resource led EVAAM, IFREMER and ORSTOM institutes to join for a programme for technology and scientific assistance purpose.

As part of this research, in 1993, the oceanographic vessel "Alis" from ORSTOM has performed experimental fishing in the polynesian EEZ. Twenty six longlines instrumented with hook timer and depth/temperature recorder, have been set. A total of 8944 hooks have been immersed, 694 hook timers have been disconnected (bites) for 271 catches regrouping 24 species.

The informations collected during this cruise have allowed the elaboration of a model describing the longline shape, the analysis of spatio-temporal distribution of catches and bites and the fish behaviour regarding the fishing gear.

Finally, the study of the longline behaviour as a fonction of the fishing tactics has been achieved using scientific data collected on professional longliners.

Mots clés : Palangre, thon, Polynésie Française, comportement de la palangre, stratégie de pêche, distribution spatio-temporelle.

Diffusion:

- non limitée
 limitée (préciser au verso)

Je soussigné **Bertrand WENDLING**

propriétaire des droits de reproduction du résumé du présent document.

autorise toutes les sources bibliographiques à signaler et publier ce résumé.

Date : 1 Octobre 1994

Signature

Diffusion du mémoire

à remplir avec le Responsable Scientifique

Préciser les limites de la confidentialité :

Confidentialité absolue : **non**

Résumé diffusable : **oui**

Consultation : sur place reproduction prêt

Personne et/ou organisme à contacter :

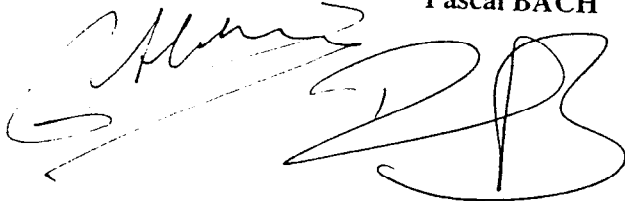
Nom : **René ABBES**

Adresse : **Antenne IFREMER
"Ressources Halieutiques"
ORSTOM
BP 529 Papeete TAHITI - POLYNESIE FRANCAISE**

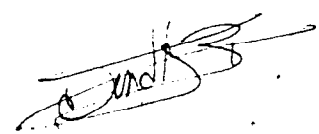
☎ 19 (689) 43 98 87

Fax : 19 (689) 42 95 55

Le Responsable Scientifique : **René ABBES
Pascal BACH**



L'Auteur : **Bertrand WENDLING**



REMERCIEMENTS

Tout d'abord je tiens à remercier René ABBES pour m'avoir accueilli avec la gentillesse qui le caractérise au sein du programme thon et de l'équipe "poisson" du centre ORSTOM de Tahiti. Merci à lui pour avoir dirigé mon travail avec rigueur.

Mes plus vifs remerciements à Jean-Michel GRIESINGER Directeur du centre IFREMER de Tahiti et Bernard BOCCAS, Directeur du centre ORSTOM de Tahiti, pour m'avoir reçu au sein de leur établissement et accordé toutes les facilités pour effectuer mon travail dans de bonnes conditions.

Tous mes remerciements à Pascal BACH et Erwan JOSSE pour avoir participé à l'encadrement scientifique de ce travail. Merci à Pascal pour cet encadrement actif et pour ces "quelques kilomètres" à bord de sa "limousine" entre Papara et Arue.

Je remercie Stephen YEN et Arsène STEIN, de l'EVAAM, pour leur collaboration à la réalisation de ce rapport.

Tous mes remerciement aux professionnels de la pêche au thon et en particulier les Armements Bougal et Thallassa. Maruru à Alexis et Théodore patrons de pêche respectifs du Bougal II et du Thallassa II pour m'avoir accepté sur leur navire. Aux équipages, sans qui les embarquements se transforment rapidement en traversée du Pacifique à la rame.

Je remercie Monsieur KERLOVEOU, Délégué régional de l'Agence Nationale de Valorisation de la Recherche (ANVAR Bretagne) ainsi que le Ministère des DOM TOM pour m'avoir permis de réaliser financièrement ce stage.

Je tiens à remercier Monsieur Jean-Yves LE GALL, Responsable de la chaire d'Halieutique de l'ENSAR, pour son active participation à la gestion de la dotation CORDET et ANVAR.

A Fabien JUFFROIS et à Stéphane POUVREAU, VAT IFREMER, pour leur très grande hospitalité.

Je ne voudrais pas oublier Madame Odile FOSSATI sans qui la Polynésie me serait encore inconnue.

A la houle du Pacifique qui ne laisse jamais indifférent ...

SOMMAIRE

INTRODUCTION	3
1. LA PECHE THONIERE	4
1.1. Les captures mondiales.....	4
1.2. L'évolution de la pêche palangrière dans le Pacifique Sud.....	6
1.3. La pêche palangrière étrangère en Polynésie	6
1.4. La pêche palangrière polynésienne	7
1.4.1. Pourquoi la palangre ?.....	7
1.4.2. Le plan de développement de la pêche à la palangre profonde dérivante	8
1.5. La production polynésienne	9
1.5.1. La commercialisation en Polynésie Française.....	10
1.5.2. La vente directe	10
1.5.3. La vente à des sociétés de négoce	10
1.6. Les filières à l'exportation	10
1.6.1. Exportation en frais au Japon	10
1.6.2. Exportation en congelé aux Samoa	10
1.6.3. Exportation en congelé sur l'Europe.....	11
2. LES EAUX DE LA Z.E.E. POLYNESIENNE	13
2.1. Circulation océanique.....	13
2.2. La température.....	13
2.3. La salinité.....	13
2.4. Oxygène dissous.....	13
2.5. Sels minéraux.....	13
2.6. Le phénomène "El Nino"	14
3. L'ENVIRONNEMENT BIOLOGIQUE ET PHYSIQUE DU THON	15
3.1. Distribution verticale des thons	15
3.1.1. Les éléments de physiologie.....	15
3.1.2. Les facteurs physico-chimiques	15
3.1.3. Les facteurs physiques de l'environnement	17
3.1.4. Les déplacements.....	17
3.2. L'alimentation	18
4. LA PALANGRE PROFONDE DERIVANTE	21
4.1. Les objectifs	21
4.2. La pêche à la palangre	21
4.2.1. Le matériel.....	21
4.2.2. Les sites et les tactiques de pêche	22
4.2.3. Déroulement de la marée.....	23
4.2.4. L'instrumentation de la palangre	25
4.3. Les pêches expérimentales : la mission ECOTAPP	27
4.4. Modélisation de la forme de la palangre	28

4.4.1. Introduction	28
4.4.2. Modèle existant	28
4.4.3. Méthodologie.....	29
4.4.4. Les modèles testés	31
4.4.5. Le modèle asymptotique.....	33
4.4.6. Calcul de la profondeur des hameçons.....	34
4.4.7. Généralisation du modèle au sein de l'intervalle d'observation.....	37
4.4.8. Les limites du modèle et discussion	38
5. RESULTATS DE LA CAMPAGNE ECOTAPP.....	39
5.1. Analyse des captures.....	39
5.1.1. Distribution des différentes espèces.....	40
5.1.2. Comparaison de la distribution des captures de thons : profondeur et température.....	43
5.2. Les heures de capture et mordage.....	45
5.2.1. Calcul de l'effort de pêche.....	46
5.2.2. Captures et mordages en fonction de l'effort de pêche.....	47
5.2.3. Influence des périodes de pêche.....	48
5.2.4. Les mordages.....	50
5.2.5. Conclusion.....	51
5.3. Répartition géographique de espèces.....	51
5.4. Facteurs explicatifs de la variabilité des prises de thon.....	52
5.5. Discrimination des prises par espèces.....	54
5.5.1. Analyse globale.....	54
5.5.2. Classification automatique des individus indéterminés.....	56
5.6. Discussion.....	57
6. LA PECHE PALANGRIERE PROFESSIONNELLE.....	59
6.1. Résultats des expériences réalisées lors des embarquements.....	59
6.1.1. Modélisation de la forme de la palangre.....	59
6.1.2. Les tactiques de filage et les profondeurs de pêche.....	61
6.1.3. Influence du courant.....	64
6.1.4. Les vitesses de chute de la palangre.....	65
6.2. Introduction à l'élaboration d'un ouvrage à l'usage des professionnels.....	67
6.3. Discussion.....	70
CONCLUSION.....	73
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	75
LISTE DES ANNEXES.....	81
Annexe 1 : Les principales espèces de thon capturées en Polynésie Française.....	81
Annexe 2 : Les étapes de filage et virage de la palangre monofilament.....	82
Annexe 3 : Descriptif technique des modules Micrel.....	83
Annexe 4 : Résultats d'enregistrements réalisés par un module Micrel.....	84
Annexe 5 : Résultats des modélisations réalisées sur les 5 courbes types.....	85
Annexe 6 : Résultats des modélisations réalisées sur les 5 courbes types.....	86
Annexe 7 : Programme élaboré pour le calcul des profondeurs d'hameçons.....	87
Annexe 8 : Fonctionnement du programme.....	88
Annexe 9 : Coordonnées des nouvelles courbes types.....	88

INTRODUCTION

La Polynésie Française est un Territoire d'Outre Mer composé d'îles hautes et d'atolls d'origine volcanique . Disséminée dans la partie centrale du Pacifique Sud, cette région possède une superficie maritime (Zone Economique Exclusive, ZEE) d'environ 5 millions de km² aussi grande que l'Europe.

Depuis toujours tournés vers la mer, les Polynésiens sont passés maîtres dans l'art de la pêche. Traditionnellement artisanale, la pêche au thon en Polynésie Française est pratiquée par de petites embarcations exploitant les stocks de surface.

Il est aujourd'hui reconnu que l'exploitation de cette ressource dans la ZEE polynésienne, n'est pas une activité qui permettra un développement économique important du secteur de la pêche. Elaboré en 1987, le plan de développement de la pêche profonde à la palangre dérivante monofilament a pour objectif l'exploitation des thonidés profonds, source de nouveaux revenus en raison de l'ouverture de nouveaux marchés sur l'étranger.

Cette pêche récente sur le Territoire est encore mal maîtrisée par les professionnels. De plus, cette ressource profonde reste mal connue des pêcheurs et des scientifiques. L'EVAAM¹, l'IFREMER² et l'ORSTOM³ ont mis en place un programme d'accompagnement afin d'aider le développement de cette activité. Il doit, entre autre, permettre une meilleure connaissance du comportement du poisson et de l'engin de pêche, pour une pêche plus sélective répondant aux attentes de l'aval et l'amont de la filière thon à Tahiti.

C'est dans le cadre de ce programme que le Navire Océanographique "Alis" réalisa en juin-juillet 1993 une série de pêches expérimentales à la palangre profonde monofilament dans la Z.E.E. polynésienne.

L'objectif de ce travail, qui s'inscrit au sein de ce programme, se décompose en trois parties :

- d'une part, l'élaboration d'un modèle qui décrit la forme de la palangre dans l'eau,
- d'autre part, l'analyse des captures réalisées par l'Alis par l'intermédiaire du modèle,
- enfin, l'étude des profondeurs de pêche en fonction des tactiques de filage pratiquées par les professionnels.

1 - Etablissement pour la Valorisation des Activités Aquacoles et Maritimes

2 - Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer

3 - Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération

1. LA PECHE THONIERE

1.1. Les captures mondiales

Les thons sont des poissons pélagiques hauturiers migrateurs qui ont une distribution mondiale en zone tempérée et tropicale, entre 45° de latitude Nord et 45° de latitude Sud (SANTIAGO, 1992). Ils appartiennent à la famille des Scombridae (revue par COLLETTE et GIBBS, 1963), qui regroupe 49 espèces. La tribu des Thunnini est constituée de 14 espèces. Cinq d'entre-elles constituent l'essentiel des prises commerciales (*annexe 1*) :

le thon jaune ⁴	<i>Thunnus albacares</i> (Bonnaterre, 1788) ;
la bonite ⁵	<i>Katsuwonus pelamis</i> (Linnaeus, 1758) ;
le thon obèse ⁶	<i>Thunnus obesus</i> (Lowe, 1839) ;
le germon ⁷	<i>Thunnus alalunga</i> (Bonnaterre, 1788) ;
le thon rouge	<i>Thunnus thynnus</i> (Linnaeus, 1758).

Depuis le début des années 50, la filière thon a eu un taux de croissance soutenu d'environ 5 % par an. Les captures mondiales de ces 5 espèces commerciales ont été de 2,7 millions de tonnes en 1990 (SANTIAGO, 1992), ce qui représente 5 % du total des produits de la pêche. En 1990, la bonite représente les plus gros tonnages avec 1.225.000 tonnes, suivi par le thon jaune 971.000 tonnes, le thon obèse 263.000 tonnes, le germon 235.000 tonnes et le thon rouge 45.000 tonnes. Les captures de thons tropicaux (thon jaune, bonite et thon obèse) sont en augmentation depuis les années 1960 (Rapport IATTC, 1991). En 1991, 65 % des captures de thons provenaient de l'océan Pacifique (1.791.000 tonnes), et la région Pacifique Sud⁸ (*fig. 1*) devenait le premier producteur de thon au monde avec 1,4 millions de tonnes.

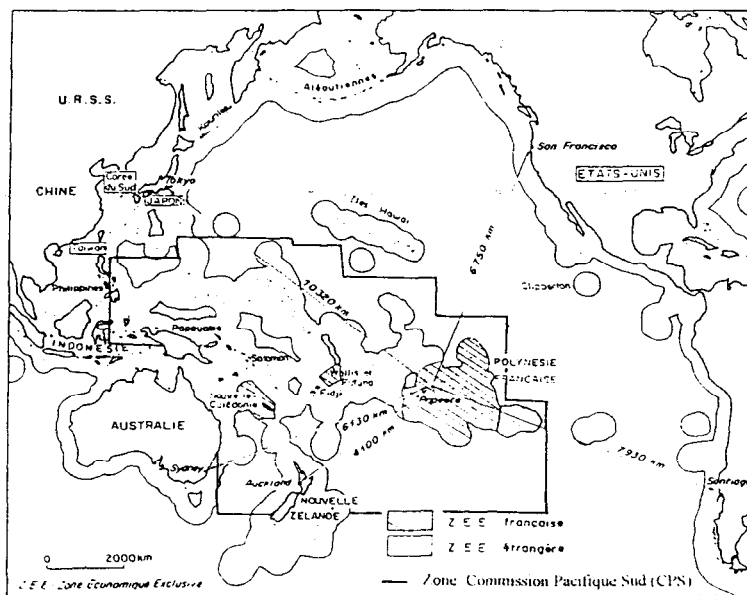


Figure 1. - Les territoires français et leur domaine maritime au sein du Pacifique.
(Source : Atlas du Pacifique)

4 - ou : Albacore (Fr.), Yellowfin (An.)

5 - ou : Listao (Fr.), Skipjack (An.)

6 - ou : Patudo (Fr.), Bigeye (An.)

7 - ou : Thon blanc (Fr.), Albacore (An.)

8 - Zone CPS (Commission Pacifique Sud) plus zone de l'est Indonésie et des Philippines

Les principales flottilles de pêche sont japonaises, taiwanaises, espagnoles et américaines. La France tient une place importante puisqu'elle se situe en septième position. Ces quatre flottilles sont responsables en 1991 de 52 % des captures mondiales de thons (tabl. 1).

Tableau 1. - Captures totales de thons par pays, unités : en millier de tonnes. (source : IATTC, 1991).

PAYS	1980	1985	1990
Japon	784	653	649
Taiwan	112	122	278
Espagne	112	179	262
USA	251	234	233
Indonésie	80	121	185
Philippines	87	125	181
France	93	101	144
Corée	121	92	141
Mexique	37	93	125
Venezuela	9	64	74
Autres	275	358	467
Total	1961	2141	2739

En 1990, la répartition géographique des captures par océan montre clairement la dominance du Pacifique avec 66 %, contre 18 % pour l'océan Indien et 16 % pour l'Atlantique (fig. 2).

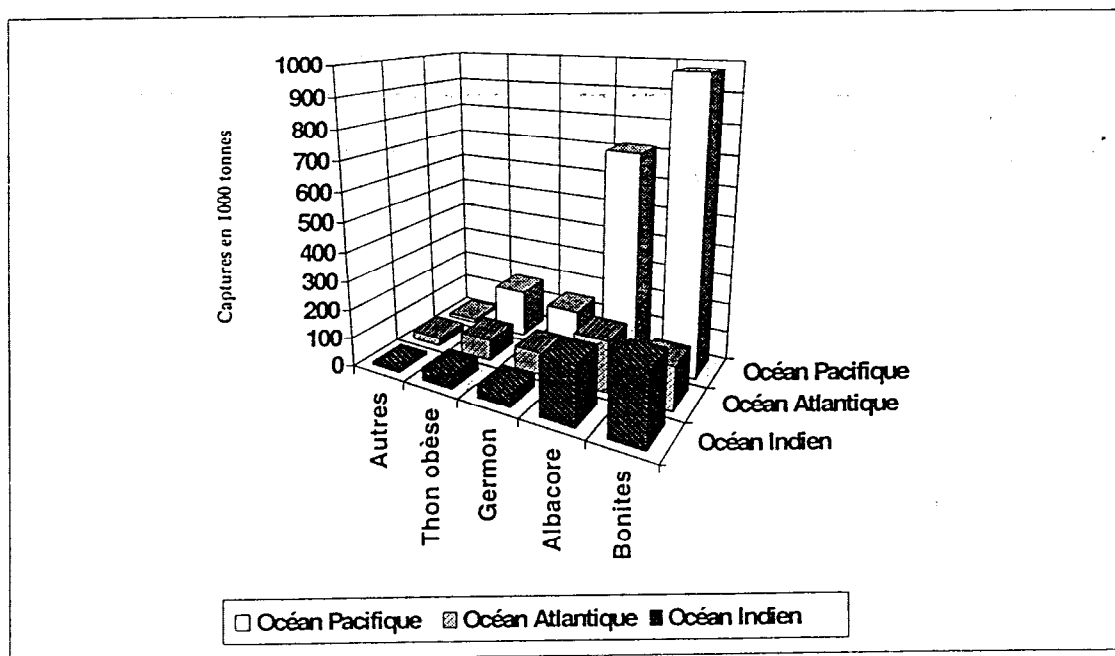


Figure 2. - Captures des principales espèces commerciales de thons dans le monde en 1990 (source : IATTC, 1991).

1.2. L'évolution de la pêche palangrière dans le Pacifique Sud

C'est à partir de 1950 que la pêche à la palangre dérivante (ou "longline") se met en place. Elle est alors bien développée dans les pays asiatiques (fig. 3). Démarée dès 1950 par le Japon, elle est pratiquée à partir de 1958 par la Corée, en 1964 par Taiwan (LAWSON, 1992). A partir des années 1970, les Japonais se dirigent alors vers les canneurs et pêchent des thons de surface (10.000 t en 1970, 145.000 t en 1974)⁹. Les grands pays de la filière thon (France, Espagne, USA), à l'exception des asiatiques n'attribuent alors que peu d'avenir à la palangre. En 1975, la pêche à la senne débute (10.000 t) et s'intensifie à partir de 1982 (200.000 t) pour atteindre 900.000 t en 1992.

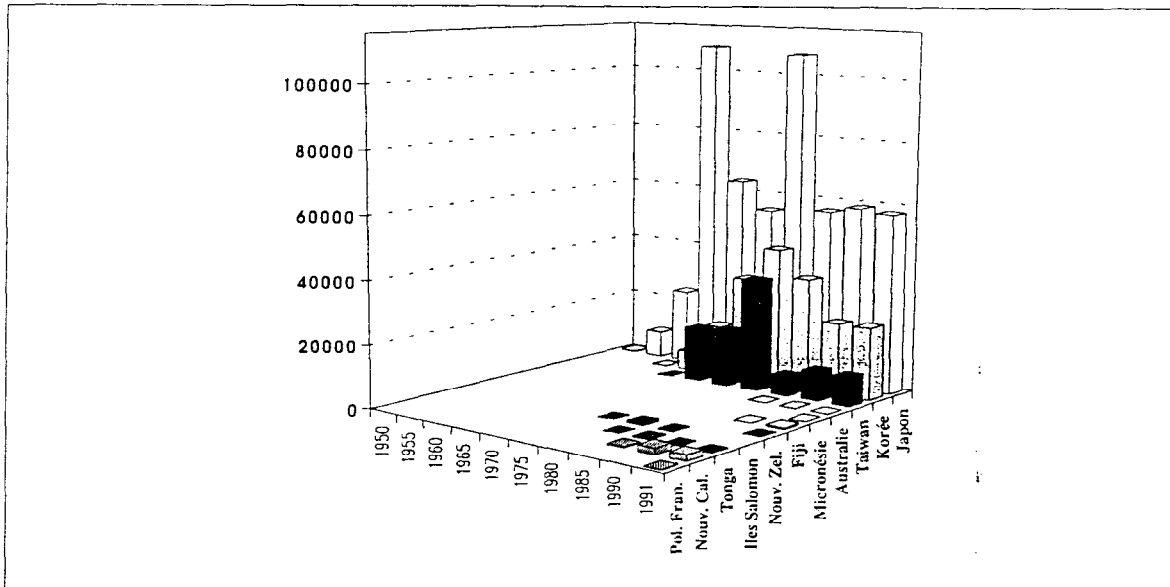


Figure 3. - Captures en tonnes des différents pays palangriers dans la zone Pacifique Sud (source CPS).

1.3. La pêche palangrière étrangère en Polynésie

A l'intérieur de la ZEE de la Polynésie Française, la pêche industrielle était pratiquée essentiellement par des navires japonais et coréens titulaires de licences de pêche délivrées annuellement en vertu du décret n° 78-963 du 19 septembre 1978¹⁰.

Ces accords de pêche qui concernent les navires étrangers exerçant dans la ZEE, sont issus des négociations menées par le Ministère territorial de la Mer. Ces accords étaient orientés vers une plus grande coopération économique et une assistance technique aux professionnels polynésiens de la pêche et à l'aquaculture locale.

9 - Chiffres concernant la zone CPS

10 - Le décret fixe les conditions dans lesquelles certains navires étrangers pourront obtenir des droits de pêche dans les zones économiques qui ont été créées au large des côtes des territoires d'outre mer et de la collectivité territoriale de Mayotte.

Suite à des divergences sur les objectifs à atteindre, l'accord franco-japonais a été suspendu à compter du 20 juin 1992. Les captures japonaises sont donc actuellement nulles. Concernant les accords franco-coréens, les quotas sont voisins de 5.000 tonnes (4.800 en 1992), les droits de pêche sont de 60.000.000 Fcfp¹¹ (3.300.000 FF en 1992), le niveau de captures est d'environ 2.000 tonnes pour 1992 (fig. 4).

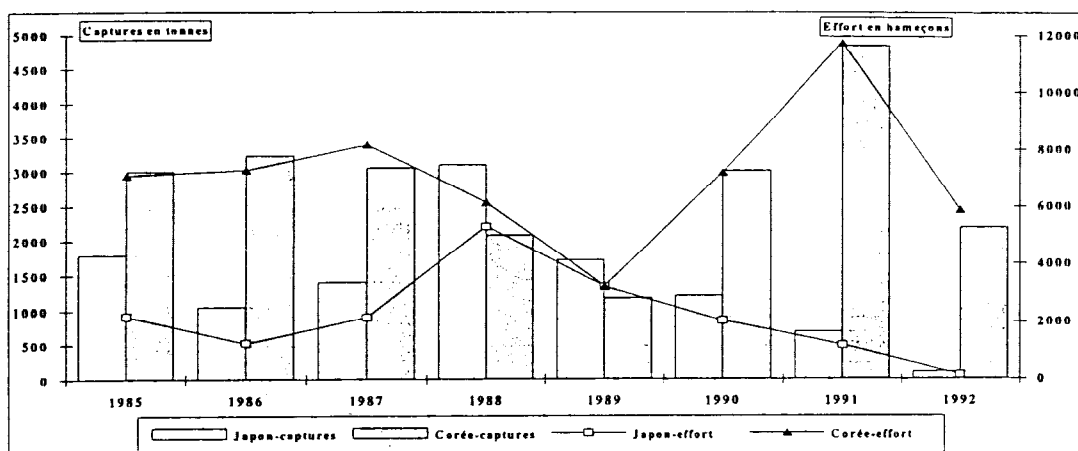


Figure 4. - Evolution annuelle des captures et des efforts de pêche des bateaux japonais et coréens dans la Z.E.E. polynésienne (Source : CHABANNE *et al.*, 1993).

L'effort de pêche des palangriers japonais est localisé au nord et à l'est des Marquises, en bordure de la ZEE. Les rendements par espèce montrent une nette prédominance du thon obèse et une quasi absence de germon (CHABANNE *et al.*, 1993). Les données coréennes couvrent l'ensemble de la ZEE, l'essentiel de l'effort étant localisé au sud et à l'ouest des Marquises. Au nord de 14°S les prises de thon obèse et de thon jaune dominant, tandis qu'au sud de 14°S le germon constitue l'essentiel des captures (CHABANNE *et al.*, 1993). Autour des Marquises on retrouve le schéma décrit pour les prises japonaises, toutefois on constate une plus forte abondance du thon jaune dans les captures.

Les navires polynésiens battant pavillon français pêchent indifféremment à l'intérieur de la ZEE ou dans les eaux internationales. Les bateaux battant pavillon étranger, même signataire des accords de pêche, exercent principalement en dehors de cette zone. Seul 5 bateaux français (armement Bougal) ont obtenu des accords de pêche pour la ZEE des îles Cook.

1.4. La pêche palangrière polynésienne

1.4.1. Pourquoi la palangre ?

A partir de 1975, face au développement des pêcheries de surface dans le Pacifique (canne et senne) des recherches sont entreprises sur les stocks de thons de surface dans la ZEE de Polynésie Française. Elles ont permis d'estimer la biomasse (bonite et thon jaune) à 100.000 tonnes, avec 73 % aux Marquises, 15 % pour l'archipel de la Société et 12 % aux Tuamotu (CHABANNE, 1988).

¹¹ - Franc Pacifique, soit 0,055 francs français

Il est aujourd'hui reconnu que l'exploitation des thonidés de surface dans la ZEE polynésienne n'est pas une activité qui permettra le développement économique du secteur de la pêche en raison :

- des coûts de production élevés en Polynésie ;
- du volume limité de la ressource ;
- de la faible valeur du produit sur le marché international.

La pêche des thons profonds, accessibles actuellement uniquement par la palangre profonde, connaît un regain d'intérêts. Suite aux progrès technologiques réalisés et aux difficultés économiques du thon en conserve, ce nouveau mode d'exploitation ouvre de nouveaux marchés.

1.4.2. Le plan de développement de la pêche à la palangre profonde dérivante

Elaboré en 1988 par les autorités territoriales, le plan de développement de la pêche hauturière en Polynésie Française prévoyait la constitution progressive d'une flottille de thoniers polyvalents hauturiers. Démarré en 1990, ce plan est orienté vers l'exploitation des thons profonds à la palangre dérivante monofilament dans la Zone Economique Exclusive (ZEE) polynésienne.

A la fin de mai 1994, la flottille comprenait 61 unités de 12 à 25 mètres armées à la palangre. On peut les classer, selon leur longueur, en trois catégories (*fig. 5*).

Les unités de plus de 20 mètres : six bateaux sont équipés pour la palangre et également pour capturer à la traîne les jeunes germons de surface qui sont en concentration importante dans la zone des 40° de latitude sud. Parmi eux, 4 unités de 25 m peuvent en plus pratiquer la pêche à l'appât vivant et mettre en oeuvre des lignes de fond montées sur des moulinets hydrauliques. Deux bateaux, de 23 m, appartiennent à un armateur indépendant. Les 4 autres de 25 m sont la propriété de patrons armateurs groupés en Armement coopératif et ont été acquis dans le cadre d'un financement du Fond Européen de Développement.

Les unités de 13 à 20 mètres : cette catégorie regroupe 25 navires. C'est la plus récente, puisque vingt d'entre eux sont en service depuis moins de 2 ans. Ils sont spécialement conçus pour pratiquer la pêche palangrière avec une capacité de mouillage pouvant aller jusqu'à 2.000 hameçons. Les 5 autres unités sont de construction japonaise et ont été acquises il y a quelques années dans le cadre des accords de pêche signés avec le Japon.

Ces bateaux ont une autonomie en carburant et en capacité de stockage limitées et effectuent des marées de 5 à 10 jours. Ils visent le marché du frais et conservent leurs prises sous glace.

Les armements sont très variables, 10 unités appartiennent à des particuliers et les 10 autres appartiennent à 3 sociétés : Tallassa¹², ID. Pêche et Bougal Marine. Pour ces sociétés, les financements ont été assurés par la loi de défiscalisation (dite "loi Pons"). Bougal Marine envisage dans un avenir proche l'achat de 10 nouvelles unités.

Les unités de moins de 13 mètres : on en recense actuellement 30, il s'agit de bonitiers en bois fabriqués localement ou en polyester importés du Japon, reconvertis à la palangre. Ils mettent en oeuvre quotidiennement des palangres de 500 hameçons lors de marées de 2 à 5 jours. Ils sont basés à Tahiti, Moorea, Huahine, Raiatea et Hiva-Oa.

En marge de ces navires, quelques embarcations de 6 à 7 mètres ont également été équipées de petits treuils à palangre et mettent à l'eau entre 150 et 200 hameçons. L'effectif de cette catégorie toute récente n'est pas encore connu.

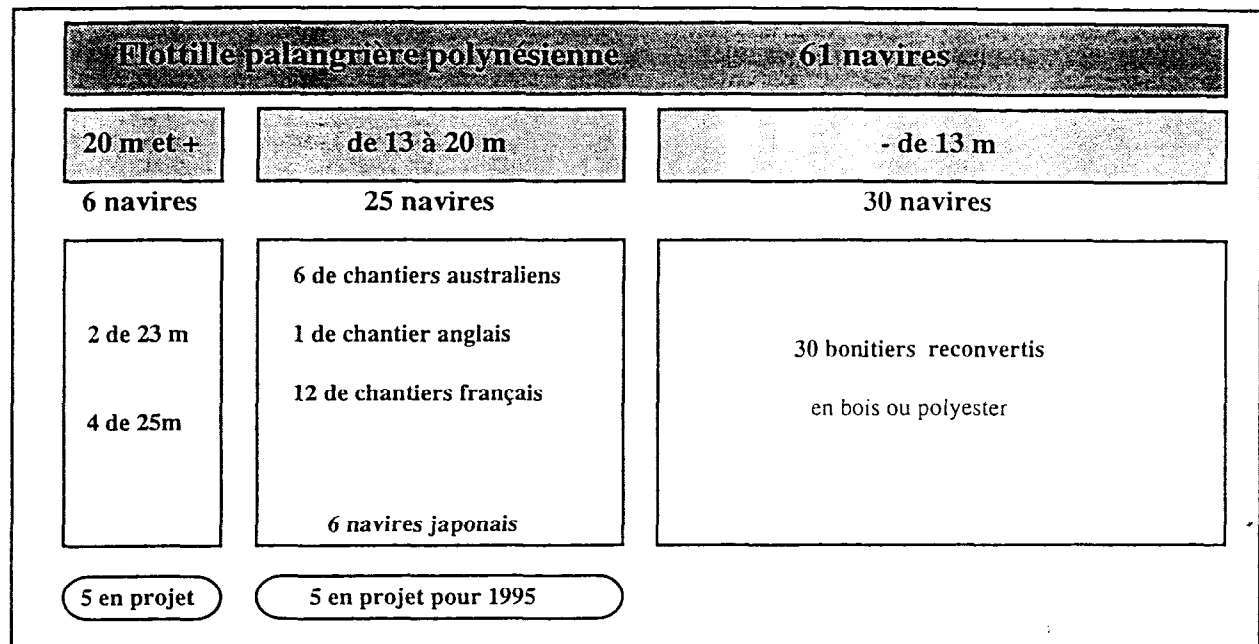


Figure 5. - Schéma récapitulatif de la flottille palangrière de Polynésie Française.

Si la constitution de la flottille de plus de 20 mètres est conforme au plan, il n'en est pas de même pour celle constituée des navires de 13 à 20 mètres. En effet, cette flottille qui a vu le jour il y a moins d'un an, s'appuie, pour une grande part, sur la loi de défiscalisation échappant ainsi à la planification mise en place et gérée par l'EVAAM. En 1992, les professionnels de la pêche ont bénéficié d'exonérations s'élevant à 75.300.000 Fcfp (4.142.000 FF) dont 39.000.000 Fcfp (2.145.000 FF) pour la construction des thoniers (Source : S.M.A, 1992).

1.5. La production polynésienne

La pêche à la palangre a débuté activement en 1991 avec 5 unités de plus de 20 mètres. La production de ces navires est la suivante (tabl. 2) :

Tableau 2. - Production en tonnes de la pêche à la palangre en Polynésie Française (Source : EVAAM, 1994).

	1991	1992	1993
Germon	65,5	174	714
Thon Obèse	25,7	51	162,7
Thon Jaune	89	137	366
Divers	63,7	178	457,9
Total	244	540	1.700

1.5.1. La commercialisation en Polynésie Française

La commercialisation des produits de la pêche à la palangre dérivante est l'un des facteurs déterminant la réussite du plan de développement. Cependant, bien que les acteurs de la filière en reconnaissent l'importance, l'élaboration de structures de négoce stables et efficaces tarde à apparaître.

Hormis les captures de la plupart des petits bateaux de moins de 13 mètres qui sont écoulées selon les circuits traditionnels (vente directe au consommateur), la production palangrière est commercialisée soit en vente directe soit au négoce.

1.5.2. La vente directe

Elle s'effectue auprès des poissonneries, marchés et supermarchés, hôtels et restaurants. Il s'agit alors de poissons frais et entiers dont le prix est fixé après accord mutuel entre le pêcheur et l'acheteur. Ce prix varie en fonction de l'espèce, de la qualité du poisson et de la demande. Les prix moyens varient entre 350 et 500 Fcfp/ kg (19,25 et 27,5 FF/kg).

1.5.3. La vente à des sociétés de négoce

Avant la mise en place du plan de développement de la pêche palangrière il n'existait qu'une seule société de négoce dont les activités se cantonnaient au stockage et à l'exportation des produits congelés de la pêche palangrière asiatique. Les pêcheurs locaux n'utilisaient ses services que qu'occasionnellement. Depuis 1987, 5 sociétés se sont créées. Elles se placent entre les revendeurs et les patrons pêcheurs. Trois d'entre elles ont été créées dans le seul but de se livrer à l'exportation. Durant l'année 1993, 3 filières à l'exportation ont été testées, pour un tonnage total de 150 tonnes.

1.6. Les filières à l'exportation

1.6.1. Exportation en frais au Japon

Seize tonnes de thon obèse de qualité "sashimi" (poisson cru de très bonne qualité) ont été vendues aux enchères au marché de Tokyo entre 800 et 1.600 Fcfp/kg (44 et 88 FF/kg). Ce poisson provenait des palangriers de 20 mètres qui réalisent de courtes marées et de thoniers de 25 mètres qui conservent les dernières prises sous glace. Le frêt est assuré par les vols réguliers Air France, le coût de transport varie entre 250 et 300 Fcfp/kg (13,75 et 16,5 FF/kg) soit environ 20 % du prix de vente.

1.6.2. Exportation en congelé aux Samoa

Cela représente le plus gros tonnage exporté avec exclusivement du germon. Les prix actuels sont très faibles.

Le prix d'achat au pêcheur est de 215 à 230 Fcfp/kg (11,8 et 12,5 FF/kg), les frais de stockage sont de 50 Fcfp/kg (2,75 FF), la marge bénéficiaire est donc très réduite. Cette voie à l'exportation reste donc une solution de dépannage pour l'écoulement des surplus de germon pêchés à la palangre. Le prix payé au pêcheur est proche du prix de revient.

1.6.3. Exportation en congelé sur l'Europe

Cette voie reste marginale et ne concerne pour le moment que les poissons à rostre (marlin, espadon, voilier) et le requin mako. Elle va bientôt concerner les filets de germons qui sont directement découpés et congelés à bord des thoniers de 25 mètres.

D'autres voies sont actuellement testées telles que le thon jaune en frais vers les USA avec des prix au débarquement de plus de 300 Fcfp/kg (16,5 FF/kg). Cette solution est un moyen d'éviter les prix trop bas du thon jaune pour la conserve, moins de 180 Fcfp/kg (9,9 FF/kg).

Pour le moment, l'instabilité du marché à l'exportation est due à l'insuffisance des tonnages, ou manque de régularité des débarquements et une spécificité réduite. Ainsi, les captures de thon obèse, poisson possédant la plus forte valeur ajoutée, restent marginales en raison de l'éloignement des aires de pêche et des tactiques de pêche pas ou peu adaptées. De même, les apports de germons ne sont pas suffisants pour assurer l'ouverture vers l'extérieur du Territoire de marchés plus lucratifs que l'exportation du poisson congelé aux Samoa.

2. LES EAUX DE LA Z.E.E. POLYNESIENNE

2.1. Circulation océanique

La circulation océanique dans la zone marine polynésienne est la résultante des grands mouvements qui animent le Pacifique. En surface, on y retrouve les courants qui circulent d'est en ouest, courant équatorial et sud-équatorial, ainsi que les contre-courants associés, contre-courant équatorial et contre-courant des Marquises.

A l'équateur, la divergence vers les pôles des flux d'ouest due à la force de Coriolis provoquent une remontée d'eau profonde permettant un enrichissement de la zone euphotique. Cette zone s'étend de l'équateur à la limite sud du contre courant-équatorial.

2.2. La température

La couche superficielle des eaux de la ZEE est caractérisée par la présence d'eau chaude à faible amplitude thermique (WAUTHY, 1986). Les températures sont supérieures à 25°C sur une épaisseur d'environ 100 mètres. A partir de 20°S, la température de surface diminue de 1°C par degré de latitude.

Entre 100 et 500 mètres de fond on observe un gradient de température, celui-ci est plus marqué au nord des Marquises en raison de l'upwelling équatorial. La thermocline est profonde (200-400 m), et la stratification bien marquée empêchant de ce fait les remontées d'eaux profondes plus riches.

2.3. La salinité

La zone sud tropicale est caractérisée par un fort bilan Evaporation/Précipitation, où l'on observe une poche d'eau salée (> à 36 g/l) entre 50 et 200 m. Ces eaux denses plongent au fur et à mesure de leur formation, elles se déforment et s'allongent vers l'équateur entre 100 et 200 mètres en raison de l'aspiration des eaux superficielles sous l'effet de l'upwelling équatorial. En revanche l'eau équatoriale, où le bilan Evaporation/Précipitation est inverse, est dessalée.

2.4. Oxygène dissous

Dans la zone polynésienne, les eaux superficielles sont en général saturées (> 4mg/l) en oxygène, parfois même sursaturées. Une diminution significative est observée dans l'extrême nord de la zone en dessous de 200 mètres.

2.5. Sels minéraux

Le phytoplancton se développe par photosynthèse dans la couche euphotique en utilisant comme source d'énergie la lumière et les sels nutritifs (phosphates, nitrates, silicates).

Dans la ZEE polynésienne, la teneur en sels nutritifs est extrêmement faible, les eaux sont donc très peu productives. Les teneurs en phosphates et nitrates sont de l'ordre de 0,1 mmol/m³, ce qui représente les valeurs les plus faibles enregistrées dans les océans mondiaux. Ces teneurs sont de 0,2 à 1 mmol/m³ au niveau de l'upwelling équatorial.

2.6. Le phénomène "El Nino"

Si le Pacifique central sud donne l'impression d'une forte homogénéité hydroclimatique à une échelle temporelle faible (<1 an), en revanche il est le théâtre de fortes variations inter-annuelles altérant profondément la situation hydroclimatique. La mieux connue de ces variations résulte de l'anomalie ENSO (El Nino South Oscillation) durant laquelle les alizés de sud-est s'affaiblissent diminuant l'intensité des courants de flux ouest et entraînant la disparition de l'upwelling équatorial.

On note dans ce cas une extension des eaux oligotrophes au nord de 13°S avec une forte élévation des températures de surface ($T > 29^{\circ}\text{C}$ à l'équateur durant l'événement ENSO du premier semestre 1987 alors qu'en période d'activité de l'upwelling la température de surface des eaux sur l'équateur est de l'ordre de 22°C).

3. L'ENVIRONNEMENT BIOLOGIQUE ET PHYSIQUE DU THON

3.1. Distribution verticale des thons

3.1.1. Les éléments de physiologie

Il existe chez le thon 2 types de muscles (dits « rouges et blancs »), la vascularisation de ces muscles est spécialement adaptée à la respiration et aux besoins énergétiques en relation avec son habitat, son écophysiologie ou son écologie.

L'une des caractéristiques les plus intéressante chez les thons, est qu'ils ne peuvent pas être classés comme poikilothermes contrairement aux autres téléostéens qui ont une température corporelle proche de celle du milieu ambiant (DIZON et BRILL, 1979). Selon les auteurs et les observations, les différences entre la température du milieu et celle mesurée dans le muscle des thons varient de 1 à 21°C. La température du muscle rouge ne peut cependant dépasser 35°C sans altération.

STEVENS et NEILL (1978) ont décrit en détail le mécanisme de thermo-régulation responsable de ce phénomène. Il est schématiquement dû à un système circulatoire à contre courant. Le sang artériel oxygéné quitte les branchies à la température du milieu ambiant. Il passe alors le long des veines qui conduisent un sang réchauffé par l'activité musculaire importante de ces poissons. Le sang artériel se réchauffe alors rapidement par conduction thermique. De nombreux auteurs ont essayé d'expliquer l'avantage d'une température corporelle supérieure à celle du milieu. Cela permet au thon une plus grande inertie thermique (DIZON *et al.*, 1978). Il devient ainsi relativement indépendant, sur de courtes durées, à des variations externes de température (NEILL *et al.*, 1976). GRAHAM et DIENER (1978) approuvent cette hypothèse et citent le cas de bonites de surface capables de pénétrer dans des eaux plus froides afin d'échapper à des prédateurs.

Ces caractéristiques anatomiques et physiologiques permettent des vitesses de nage élevées. La nage est continue en raison de l'absence de vessie natatoire. Ce qui permet une mobilité verticale importante. De plus, la flottabilité négative du thon permet des glissements et vols planés au sein d'ondes internes à la surface de la thermocline (MAGNUSON, 1978). Cette adaptation possède cependant ses limites et la conservation de la chaleur interne implique une consommation énergétique importante laissant supposer que température, oxygène et nourriture doivent être des facteurs limitant les distributions horizontale et verticale des thonidés (DIZON, 1977).

3.1.2. Les facteurs physico-chimiques

Selon BLACKBURN (1965), c'est la **température** qui limite la distribution verticale des thons (*tabl. 3*). Ainsi, on rencontre en abondance le thon jaune dans des eaux de températures comprises entre 20 et 30°C, le thon obèse entre 11 et 29°C (UDA, 1957 ; ALVERSON et PETERSON, 1963), le germon entre 15 et 21°C (LAEVASTU et ROSA, 1963 ; BLACKBURN, 1965 ; LAURS et LYNN, 1977), la bonite entre 20 et 29°C (BLACKBURN, 1965 ; 1969a ; 1969b).

Ces préférences thermiques peuvent varier en fonction des zones considérées, ce qui peut être assimilé à des sous populations (BLACKBURN, 1965). De plus, elles ne sont pas les mêmes dans toutes les régions et fluctuent en fonction de la saison (SUND *et al.*, 1981).

3.1.3. Les facteurs physiques de l'environnement

Les analyses effectuées sur les captures des palangriers japonais semblent montrer une corrélation entre la distribution géographique des espèces et la présence ou l'absence de **courant**. Le thon obèse et le thon jaune sont ainsi plus abondants dans le courant sud équatorial que dans le courant nord équatorial.

Pour BLACKBURN (1965) ce qui prédomine avant tout c'est le type de relation qu'il existe entre courant et thon. Il cite pour exemple que l'influence du Kuroshio est avant tout déterminée par la température plutôt que par le courant lui même. Pour renforcer son idée, il rappelle que les thons nagent rapidement et peuvent parcourir 15 à 50 km/jour (CLEMENS, 1961 ; LAURS et LYNN., 1977 ; DIZON *et al.*, 1978) et par conséquent qu'ils peuvent se déplacer indépendamment ou non du courant.

Qu'il s'agisse d'**upwelling** induit par le vent ou de mélange vertical, l'enrichissement en surface par les nutriments influence directement les abondances de thon (FORSBERG, 1969 ; BLACKBURN, 1962, 1963). Sur les upwellings tropicaux, les températures plus froides restent en général comprises dans leur *preferendum* thermique (BLACKBURN, 1962, 1963).

L'influence des **thermoclines**, définies comme une frontière entre des eaux de densité différente avec un fort gradient de salinité et de température (SUND *et al.*, 1981), est reconnue comme très importante pour les pêcheries de surface. Il peut s'agir de thermoclines variant de quelques dizaines de mètres à plusieurs kilomètres, ou bien de thermoclines stables de quelques centaines de kilomètres (UDA et ISHINO, 1958).

Lorsque ces fronts comportent des isothermes où les températures sont "limites", ils constituent de véritables barrières pour le poisson. Il est alors courant de trouver les thons agrégés sur ces fronts, pour DUFOUR et STRETTA (1973), 3 explications sont possibles :

- accumulation de plancton ;
- production biologique accrue en raison des divergences près du front ;
- production biologique accrue en raison du mélange des eaux.

Les thons de surface sont souvent plus abondants autour des **îles et des hauts fonds**. Ceci est bien observé pour le thon jaune (MURPHY et IKERA, 1955 ; MURPHY et SHOMURA, 1972). Cela est en partie due à l'abondance des proies près des côtes. Mais cette abondance de nourriture n'est pas l'unique explication (BLACKBURN, 1965), Il est possible que les îles et les hauts fonds agissent sur les thons comme un point de concentration.

3.1.4. Les déplacements

Selon NAKAMURA (1954, 1969) il existe deux types de déplacements :

- des déplacements passifs en réponse à un changement de l'habitat ;
- des déplacements actifs dus à un changement des besoins physiologiques ou écologiques du thon.

Selon SHARP (1978) il existe différents déplacements appelés migrations tous reliés à l'alimentation ou à la reproduction :

- des migrations à court terme et courte distance, déplacements de transport ;
- des migrations à long terme et longue distance, déplacements de transport ;
- des migrations à court terme et longue distance, très coûteuse en énergie (SHARP et DOTSON, 1977).

Enfin pour SECKEL (1972), les déplacements horizontaux représentent :

- une distance parcourue par un poisson ou un banc sous l'influence d'une masse d'eau en mouvement ;
- ou bien, une distance parcourue par un poisson ou un banc, sans l'utilisation d'une masse d'eau en mouvement.

La notion de déplacement vertical est moins bien connue chez le thon, puisque la télémétrie acoustique qui permet l'étude des mouvements verticaux et horizontaux est une technique récente (moins de 20 ans). Elle peut être la conséquence de :

- d'un besoin physiologique ;
- d'un besoin alimentaire ;
- d'un comportement social (reproduction, agrégation à un autre banc, ...).

Des observations réalisées sur le thon jaune et le thon obèse (HOLLAND *et al.*, 1990) montrent que le thon réalise des mouvements verticaux au cours de la journée. Les ascensions sont alors plus rapides que les plongées (HOLLAND *et al.*, 1990). Sur 24 heures, la répartition bathymétrique nous permet de constater qu'entre le crépuscule et l'aube les thons remontent en surface (HOLLAND *et al.*, 1992 ; BRILL *et al.*, 1984). L'influence de la température sur ce comportement nocturne est alors réduite puisque ces poissons nagent dans des eaux chaudes qu'ils fuient le jour.

Suivant les espèces, ces mouvements sont plus ou moins marqués. Chez la bonite ils sont importants la nuit et plus faibles le jour, alors que c'est l'inverse qui prévaut pour le thon jaune (CAYRE et CHABANNE, 1986).

3.2. L'alimentation

Etudiée à partir des contenus stomacaux, l'alimentation des thons est constituée en majeure partie par des petits pélagiques de 1 à 10 cm avec quelques crustacés et céphalopodes (ALVERSON, 1963). L'analyse des contenus stomacaux pour une même espèce indique de fortes variations, fonction de la nourriture disponible, c'est à dire de la région, de l'heure, de la saison. Dans le Pacifique ouest et centre, le contenu stomacal des bonites et du thon jaune est composé de 70 % de poissons, 25 % de calmars, 5 % de crustacés. Par contre, dans le Pacifique est, les crustacés sont dominants (MARCILLE et BOUR, 1981). Ces différences montrent que le thon s'alimente en fonction de ce qui est disponible.

On peut signaler le phénomène non négligeable de cannibalisme observé sur des thons capturés à la traîne, 10 % en moyenne de poissons consommés étant des juvéniles de thons, le plus souvent de la même espèce que le prédateur. Ce taux de cannibalisme reste attribué aux thons de surface et plus particulièrement pour les jeunes individus. Pour les thons adultes profonds, des pêches en Polynésie (LEHODEY, 1990), nous indiquent que le cannibalisme reste exceptionnel.

L'alimentation est régulière au cours de la journée (SUND, 1981) avec un pic pour les espèces profondes à la tombée de la nuit dû à la remontée des espèces bathypélagiques. Les bonites se nourrissent plus activement pendant les premières heures de la matinée et la fin de journée (MARCILLE et BOUR, 1981). Il apparaît probable que les thons de surface ne se nourrissent pas la nuit (ROGER et MARCHAL, 1992). Ceci peut être dû soit au comportement du poisson, soit à la disponibilité de la nourriture.

La chasse s'effectue à vue. La bonite semble plus adaptée pour une chasse rapide d'instinct (SUND *et al.*, 1981). Une eau turbide représente un milieu inapproprié. Néanmoins, des eaux très claires, pauvres en plancton et donc en proies ne sont pas plus favorables (REID *et al.*, 1978). Pour les thons vivants à plus de 200 m de fond, la capture des proies s'effectue dans l'obscurité. Le thon possède un sens de chémoréception qui lui permet de trouver sa nourriture à de telles profondeurs (HOLLAND, 1983).

Les thonidés sont de "gros mangeurs" puisque des bonites élevées en cages, mangent à satiété jusqu'à 15 % de leur poids 12 heures/jour (MAGNUSON, 1969). Pour les autres espèces des essais ont montré des prises alimentaires à satiété allant de 10 à 30 %, ce taux de nourrissage décroît avec l'âge (SHARP, 1978 ; CONOVER, 1978). Le contenu de l'estomac est digéré en 6 à 8 heures (MARCILLE et BOUR, 1981). Ces résultats obtenus en captivité restent cependant difficilement transposables au milieu naturel.

4. LA PALANGRE PROFONDE DERIVANTE

4.1. Les objectifs

La pêche palangrière en Polynésie est une activité récente et les résultats obtenus jusqu'à présent sont relativement faibles. Il faut en effet tenir compte que ce type de pêche fait appel à des matériels nouveaux et à une technique qui n'a jamais été employée avant 1985 sur le Territoire. Néanmoins, pour un développement durable de la filière, les rendements doivent être améliorés.

Cette pêche nécessite un marché à forte valeur ajoutée en raison du coût de production élevé rencontré sur le Territoire. Le "frais" est un marché intéressant. Il s'agit, par exemple, des exportations de thon obèse vers le Japon et les USA. Mais, ces marchés porteurs sont fluctuants et nécessitent une stratégie de flottille, afin de répondre à cette demande ciblée.

C'est pourquoi, cette activité nécessite un appui technologique et scientifique, mais également une prise en compte des facteurs socio-économiques liés à la commercialisation. Les problèmes liés à la ressource préoccupent les biologistes des pêches de l'EVAAM, de l'IFREMER et de l'ORSTOM, préoccupations partagées par les acteurs de la filière, en particulier les patrons pêcheurs. Trois grands axes de recherche ont donc été identifiés pour répondre à cette demande :

- *étude de la répartition et du comportement des espèces cibles de la pêche palangrière ;*
- *inventaire des ressources d'intérêt potentiel pour une éventuelle diversification des activités de la flottille ;*
- *acquisition des paramètres biologiques, halieutiques et économiques indispensables à une bonne gestion de l'activité.*

Le travail présenté ici s'inscrit au sein du premier axe de recherche cité ci-dessus. Il consiste à définir le comportement de l'engin de pêche par une modélisation tenant compte des caractéristiques de la palangre (distance de ligne filée, nombre d'hameçons, profondeur maximum atteinte) et celles du milieu (force du courant) dans les conditions d'utilisation de la ligne. Ce modèle élaboré, il est ensuite envisageable d'étudier les stratégies d'utilisation de la palangre et ses conséquences sur les captures.

4.2. La pêche à la palangre

Les descriptifs qui suivent, résultent d'observations réalisées au cours de trois embarquements effectués sur des unités de pêche appartenant aux armements Bougal (navire Bougal II, de 16 m) et Tallassa (navire Tallassa I, de 20 m).

4.2.1. Le matériel

Le matériel de pêche utilisé par les palangriers comprend un treuil hydraulique ou enrouleur de la ligne mère, un lanceur ou shooter de la ligne mère, des caisses d'hameçons, des bouées de surface et gonio.

Le treuil hydraulique a une capacité variable (de 25 à 40 milles, soit 45 à 75 km) de ligne monofilament de 3 mm de diamètre. Suivant les bateaux, il est disposé dans l'axe longitudinal ou transversal du navire. Des poulies de renvoi sont alors utilisées selon les cas pour le filage et la remontée de la palangre.

Le lanceur est placé à l'arrière du bateau, il permet le filage de la ligne mère à une vitesse réglable en général supérieure à celle du navire. Il est pourvu d'un "beeper" réglable afin de signaler, pour une longueur de ligne constante, la pose des hameçons.

Les hameçons (n° 7/0, Mustad) sont raccordés à des avançons de 11 brasses (19,8 m) en monofilament de 2 mm de diamètre, l'avançon est relié à la ligne mère par une attache rapide ("snap").

La palangre se décompose en plusieurs éléments, de 20 à 50 hameçons, maintenus en position horizontale par des bouées fixées à la ligne mère au bout d'un orin de 10 à 25 brasses (18 à 45 m). Chacune des deux extrémités de la palangre est fixée à une bouée émettrice dite bouée gonio (fig. 6).

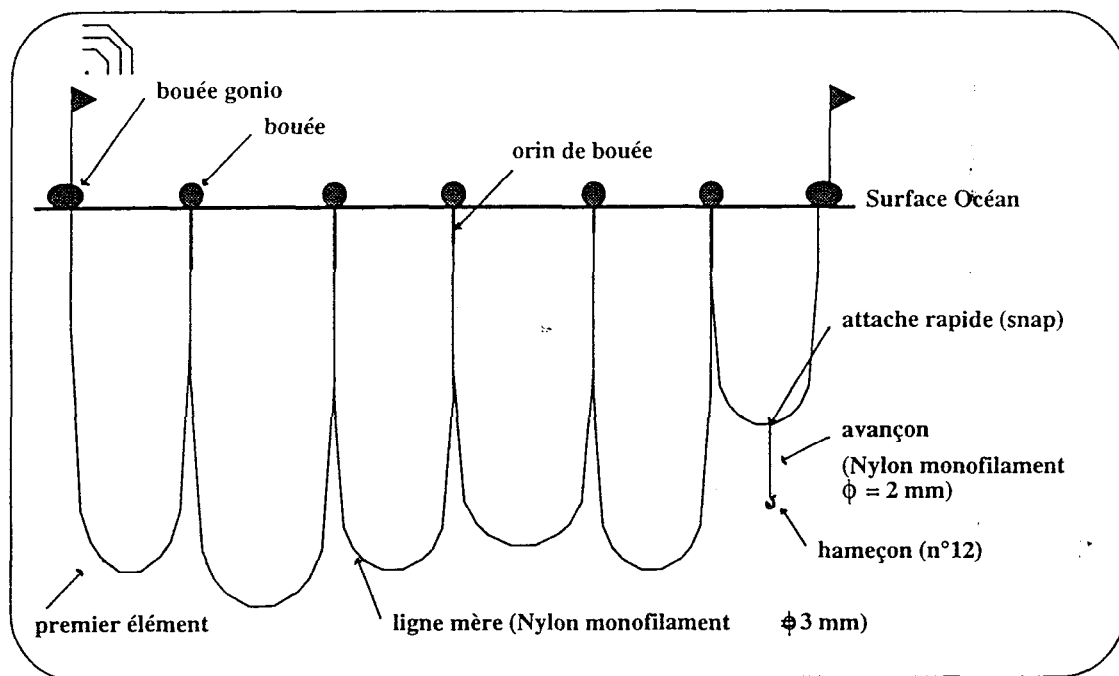


Figure 6. - Schéma de la palangre profonde dérivante.

4.2.2. Les sites et les tactiques de pêche

Le patron pêcheur choisit en accord avec son armateur la zone de pêche. Elle se situe à moins de 20 heures de route de Tahiti. Le choix est actuellement fonction de :

- la météorologie ;
- l'expérience acquise ;
- la recherche de nouveaux sites.

Puisque la pêche à la palangre ne fait que débiter, les renseignements et l'expérience de terrain qui caractérisent le pêcheur professionnel n'existent pas. Le patron met en oeuvre lors de chacune de ses marées, une nouvelle stratégie de pêche. Pour cela, il change le nombre d'hameçons par éléments et la longueur des orins de bouées.

4.2.2.1. La météorologie

Schématiquement les pêcheurs doivent faire face à deux types de situation. Lorsque la houle est faible (moins de 2 m), en régime anticyclonique tous les sites de pêche sont accessibles et les marées durent de 6 à 8 jours. En situation de basses pressions, la houle plus importante modifie les conditions de pêche. La mise à l'eau et la remontée de la ligne sont plus délicates. Dans ces conditions les marées sont écourtées de 2 à 3 jours. De plus, le patron de pêche recherche des sites abrités.

4.2.2.2. L'expérience acquise

Les Polynésiens ne bénéficient pas d'une grande expérience de la palangre monofilament. Seuls quelques Tahitiens embarqués sur des palangriers asiatiques, connaissent un peu mieux cette pêche. Néanmoins, cela reste secondaire, puisqu'à leur dire ils ne travaillaient jamais à des postes clés tels que le gréement de la palangre, le réglage du lanceur ou la tenue des fiches de pêche.

Les pêcheurs s'appuient donc sur leur propre expérience et sur les quelques informations données par les autres bateaux de la flottille. Les hauts fonds et les zones particulières où le poisson est abondant sont scrupuleusement et discrètement répertoriés.

4.2.2.3. La recherche de nouveaux sites

Il s'agit de la principale préoccupation des pêcheurs qui cherchent la zone la plus favorable, c'est à dire où le poisson sera en abondance et les thons de belle taille, soit d'un poids supérieur à 15 kg pour le germon et à 30 kg pour les thons jaune et obèse. A chaque marée une zone d'environ 1500 milles carrés est définie comme "zone de pêche". En règle générale, ces zones sont au moins distantes de 10 milles des côtes, afin d'éviter de trop grosses captures en requins, causes importantes de "casse" des avançons et parfois de la ligne mère.

4.2.3. Déroulement de la marée

4.2.3.1. Préparation

Avant chaque marée les marins préparent le bateau ainsi que le matériel. Les hameçons et leur avançon sont vérifiés, les bouées abîmées changées, les gaffes indispensables sont réparées, les couteaux, scies et luparas (manche à tête explosive) manquants sont remplacés. La glace est chargée et les pleins d'eau douce et de gazole réalisés.

4.2.3.2. Calendrier de marée

En général, les palangriers de 18 mètres partent en fin d'après midi afin de faire le trajet jusqu'au site de pêche de nuit. Une fois sur les lieux de pêche, la palangre est posée à vive allure (8 à 9 noeuds), les 20 à 40 milles de ligne mère (1200 à 2000 hameçons) sont filés en 2 à 3 heures. Le bateau s'écarte alors de quelques milles de la dernière bouée gonio et s'immobilise grâce à une ancre flottante constituée d'un parachute de toile. Douze heures plus tard, la ligne est remontée. En fonction des captures, l'opération dure de 7 à 9 heures. Le dernier hameçon rangé, les hommes se préparent déjà pour la prochaine mise à l'eau (fig. 7).

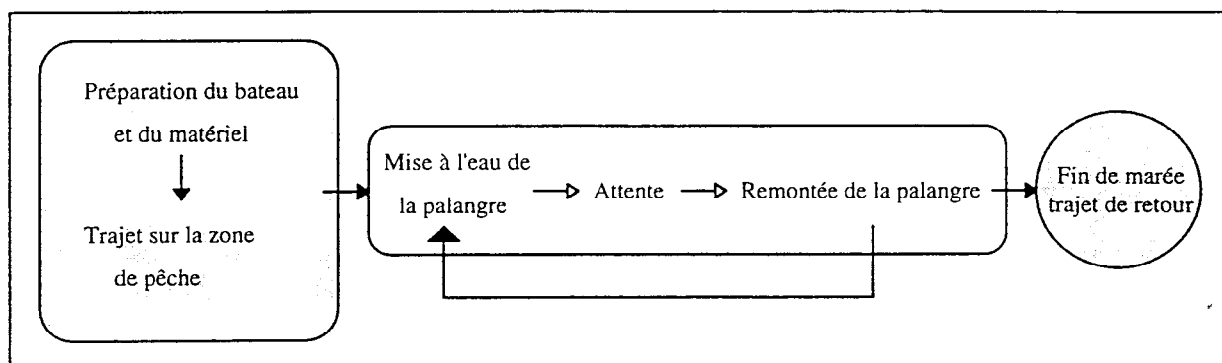


Figure 7. - Schéma du déroulement de la marée.

4.2.3.3. Pose de la palangre

La palangre est mouillée tôt le matin pour être relevée 12 heures plus tard. Quatre hommes d'équipage sont nécessaires pour cette opération. Le premier est chargé de prendre chaque hameçon, préalablement rangé dans une caisse avec son attache rapide ("snap") et son avançon. Il accroche le "snap" sur une coulissière. Le second marin fait glisser la coulissière afin de pouvoir attraper le "snap". Il donne alors l'hameçon au troisième pêcheur qui y accroche l'appât. L'appât est ensuite jeté à l'eau, simultanément le "snap" est accroché sur la ligne mère qui se dévide en continue (annexe 2).

Tous les "n" hameçons, le quatrième homme prépare une bouée et son orin, ces deux éléments sont alors accrochés à la ligne mère par une attache rapide. Durant ce temps, le patron est prêt à aider l'un de ses matelots si un imprévu intervient.

Les appâts les plus utilisés sont la sardine ou le petit hareng de mer du Nord. Il en coûte environ 1.600 Fcfp (88 FF) pour 100 appâts. Le calmar est plus rarement utilisé en raison de son prix élevé.

4.2.3.4. Remontée de la palangre

La bouée gonio est localisée puis remontée à bord. La ligne mère, raccordée au treuil, est peu à peu remontée. Le marin qui actionne d'une main le treuil décroche de l'autre les "snaps" qui apparaissent successivement, deux autres pêcheurs rangent les hameçons et leurs avançons dans les caisses prévues à cet effet. Le dernier matelot range les bouées au fur et à mesure de leur arrivée (annexe 2).

Quand un poisson est aperçu au bout de l'avançon le treuil est arrêté et le poisson est gaffé à bord. Si celui-ci dépasse les 100 kg, il est treuillé sur le pont par un palan. Le poisson vivant est alors neutralisé par un coup de masse et achevé par un coup de pic dans le crâne. Pour les requins, beaucoup moins dociles, deux techniques sont employées. La première consiste à le tuer en utilisant un "lupara" en pleine tête (décharge explosive placée au bout d'un manche). Mais en raison du nombre limité de ces armes sur le Territoire, l'emploi d'une scie pour la décapitation est plus courante.

Les thons et les autres poissons capturés sont immédiatement saignés et méticuleusement vidés, puis ils sont glacés en cale froide. Les requins ne sont pas conservés, seuls leurs ailerons sont découpés et séchés en raison de leur forte valeur marchande sur le marché asiatique, de 3000 à 5000 Fcfp/kg suivant la qualité (165 à 275 FF/kg).

4.2.4. L'instrumentation de la palangre

L'instrumentation de la palangre n'est pas routinière mais a été effectuée pour des expérimentations.

Afin d'étudier le comportement de la palangre, celle-ci est instrumentée avec des enregistreurs de profondeur placés sur la ligne mère au centre d'un élément (*photo 1*). Deux types d'appareils ont été utilisés :

- des TDR (Time Depth Recorder) de marque Wildlife Computer, modèle MK3e
- des modules P2T (Pression, Température, Temps) modèle LL 600 de marque Micrel.

Chaque TDR comporte 3 canaux, dont deux qui enregistrent la profondeur (le canal 1 enregistre de 0 à 232 m, le canal 2 enregistre de 0 à 484m) et le troisième la température. Avant la mise à l'eau, ces profondimètres sont préalablement programmés par l'intermédiaire d'un microordinateur, afin de définir le protocole d'échantillonnage. Une fois la palangre remontée les données enregistrées par le TDR sont transférées sur ordinateur. La communication entre le profondimètre et l'ordinateur est assurée par une interface RS-232.

Chaque module MICREL (*photos 1, 2 et 3*) comporte 2 canaux, 1 canal qui enregistre la profondeur de 0 à 600 mètres et un canal température (*annexes 3 et 4*). Les modules sont scellés et les informations sont transmises à travers l'enregistreur par l'intermédiaire d'un "data pencil".

Les modules Micrel apparaissent bien plus faciles à utiliser que les TDR, à cela quatre raisons principales :

- facilité de transfert des informations entre le module et l'ordinateur par l'intermédiaire du "data pencil ;
- visualisation directe des résultats sur un graphique sans manipulation de données sous tableur ;
- initialisation simple et rapide des modules par l'intermédiaire du logiciel "Mémo" (version VI.3.1, Micrel S.A.) ;
- étanchéité intégrale et permanente des modules qui ne nécessite aucune ouverture.

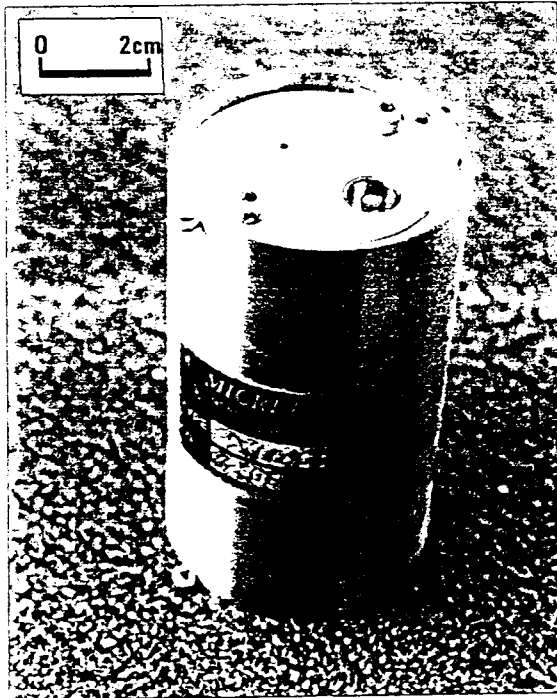


Photo 1. - Module Micrel et ses capteurs température-profondeur.



Photo 2. - Module Micrel en place sur la "ligne mère" de la palangre.

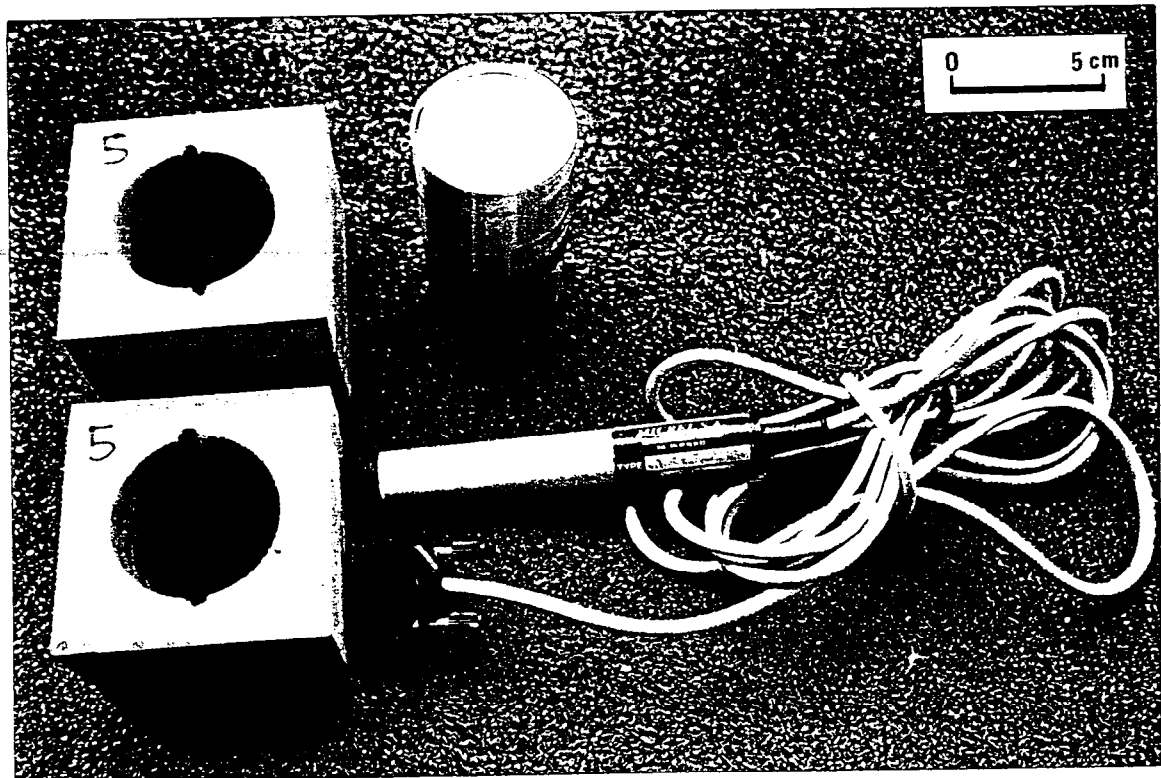


Photo 2. - Module Micrel et ses annexes.
(flotteurs de compensation, module et "data pencil")

4.3. Les pêches expérimentales : la mission ECOTAPP

Dans le cadre du programme général "d'étude sur le comportement des thonidés par l'acoustique et la pêche à la palangre" (ECOTAPP), une campagne a été effectuée par le N/O "Alis" en Polynésie entre juin et août 1993 (ABBES *et al.*, 1993). Durant la période du 24 juin au 13 août, 26 poses de palangre ont été réalisées selon une radiale orientée sud-est/nord-est débutant aux îles de la Société et finissant au nord-est des îles Marquises au delà de la limite de la ZEE (fig. 8).

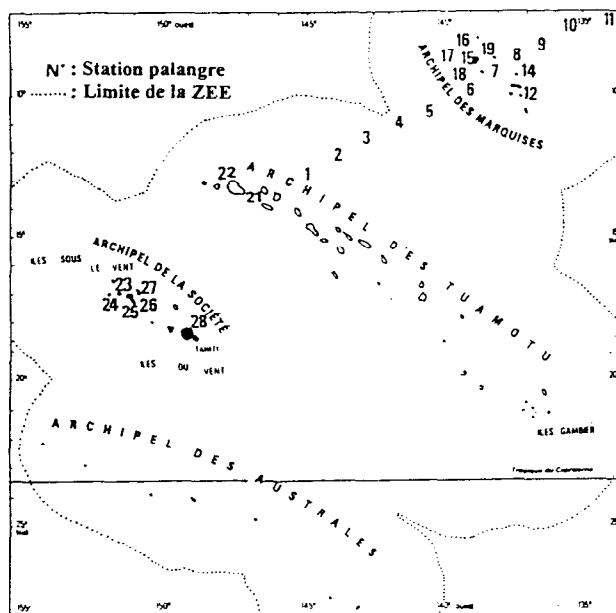


Figure 8. - Position des pêches expérimentales de la campagne ECOTAPP, dans la Z.E.E. polynésienne.

Matériel et méthode

Le matériel de pêche utilisé est sensiblement le même que celui utilisé par les professionnels, il comprend :

- un treuil hydraulique (capacité de 25 milles de nylon monofilament de 3mm de diamètre.) ;
- un lanceur ;

La ligne mère est en nylon monofilament (3 mm de diamètre), les avançons de 11 mètres sont en nylon monofilament de 2 mm.

La palangre est instrumentée avec des enregistreurs TDR (Time Depth Recorder modèle MK3e Wildlife Computers). De plus, 370 "horloges d'hameçons" ont été placées sur les avançons afin de connaître l'heure de mordage. A l'issue de chaque filage, un profil température et salinité a été enregistré à l'aide d'une sonde multiparamètre.

La palangre a été posée de façon homogène entre 6h00 et 13h00. Les temps de filage et de virage ont été respectivement de 1,5 et 4 h en moyenne. Environ 400 hameçons étaient mouillés par jour répartis en 16 éléments de 25 hameçons chacun distants de 50 m. L'appât utilisé était un encornet de Nouvelle-Zélande (*Nototodarus sloani*) de 220 g en moyenne.

4.4. Modélisation de la forme de la palangre

4.4.1. Introduction

L'objectif du modèle est de décrire, à partir des données mesurables, la forme de la palangre dans l'eau, afin de déterminer la profondeur de chaque hameçon. Ces profondeurs calculées, l'analyse des distributions verticales des captures nous permettra de mieux connaître :

- les profondeurs optimales de mordage et de capture pour chaque espèce ;
- les relations thon-caractéristiques océanographiques ;
- les habitudes alimentaires ;
- l'influence des périodes de pêche.

L'objectif final est d'élaborer des stratégies d'utilisation de l'engin de pêche qui permettraient des captures plus spécifiques.

4.4.2. Modèle existant

Quelques modèles de la forme de la palangre ont été élaborés par des chercheurs Japonais, afin de calculer la profondeur atteinte par les hameçons sur une palangre. C'est en particulier le cas du modèle décrit par YOSHIHARA (1951, 1954) :

$$D_j = h_a + h_b + L + \left\{ (1 + \cot^2 \varphi^\circ)^{1/2} - [(1 - (2j/n))^2 + \cot^2 \varphi^\circ]^{1/2} \right\}$$

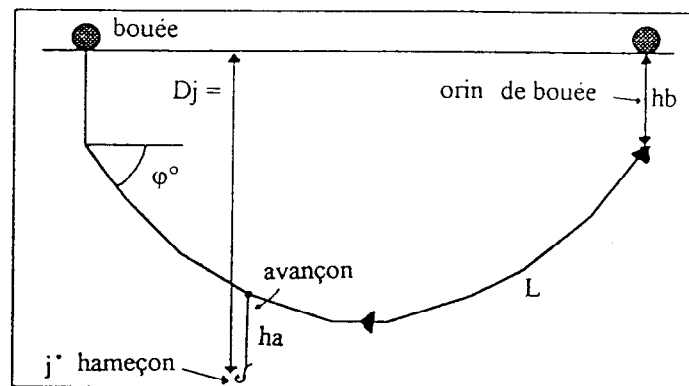


Figure 9. - Description des variables du modèle.

D_j = profondeur du j ième hameçon ;

h_a = longueur des avançons ;

h_b = longueur des orins de bouées ;

L = demi longueur de ligne filée par élément ;

n = nombre d'hameçons plus 1 ;

j = j ième avançon ;

φ° = angle entre la surface de l'eau et la tangente de la ligne mère au point d'accroche avec l'orin de bouée.

Ce modèle est cependant très délicat à utiliser dans les conditions d'utilisation en Polynésie. Il demande en effet de connaître φ° grâce au calcul du rapport entre la distance de ligne filée et la distance entre les bouées (coefficient de courbure : "sagging rate"). Ce rapport calculé, des abaques permettent une estimation de φ° (HANAMOTO, 1974 ; FUJII et OKAMOTO, 1971). De plus, ce modèle ne tient pas compte de l'influence du courant sur la ligne, qui provoque une courbure sur le plan horizontal de l'engin, et l'empêche de plonger verticalement. Ce qui se traduit sur sa projection verticale par une forme asymptotique (fig. 10a, 10b).

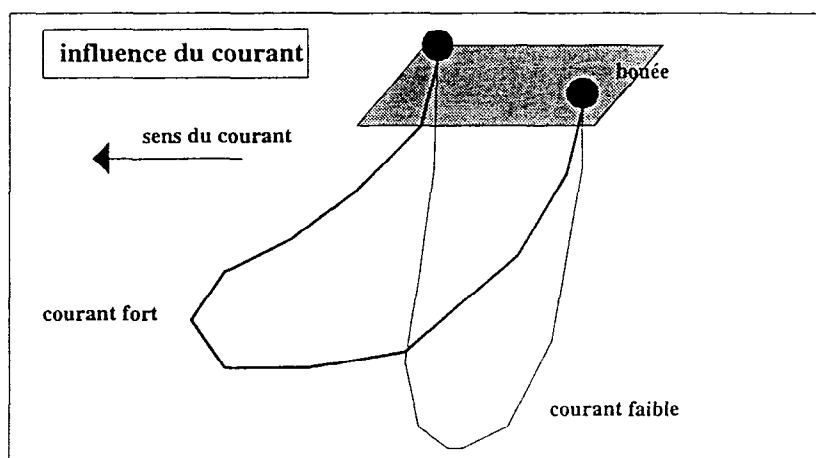


Figure 10a. - Forme de la palangre dans l'eau.

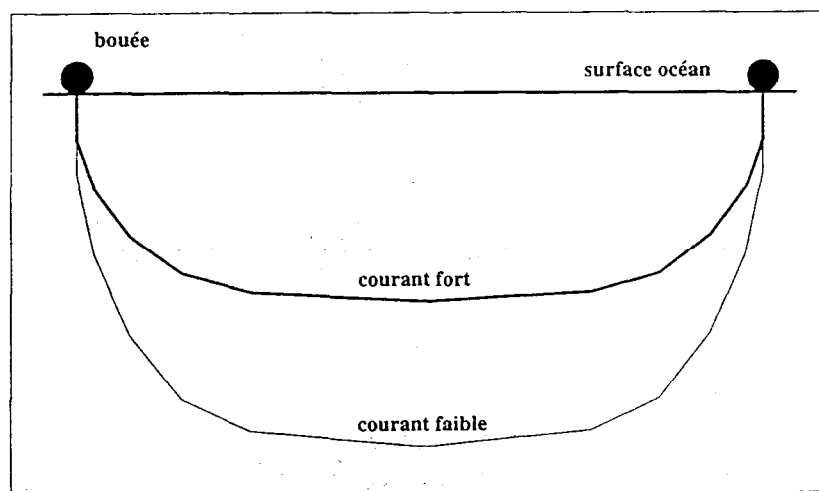


Figure 10b. - Projection de la forme de la palangre sur le plan vertical.

4.4.3. Méthodologie

C'est à partir des données collectées lors de la campagne ECOTAPP réalisée en juin-juillet 1993, que la première approche de modélisation a été effectuée. Pour cela 3 enregistreurs TDR ont été placés, à équidistance, par élément. Au total 5 lignes ont été ainsi équipées.

Les profils de profondeur en fonction du temps nous permettent alors de déterminer la profondeur maximum atteinte pour chaque enregistreur (fig. 11). A partir de ces données une courbe, passant par les 3 points observés, est tracée avec une règle souple. Après lecture de la courbe sur papier millimétré 12 coordonnées sont extraites (tabl. 4). Au total 5 courbes types sont obtenues (fig. 12). Tous les calculs sont réalisés à partir de la projection de la palangre sur le plan vertical.

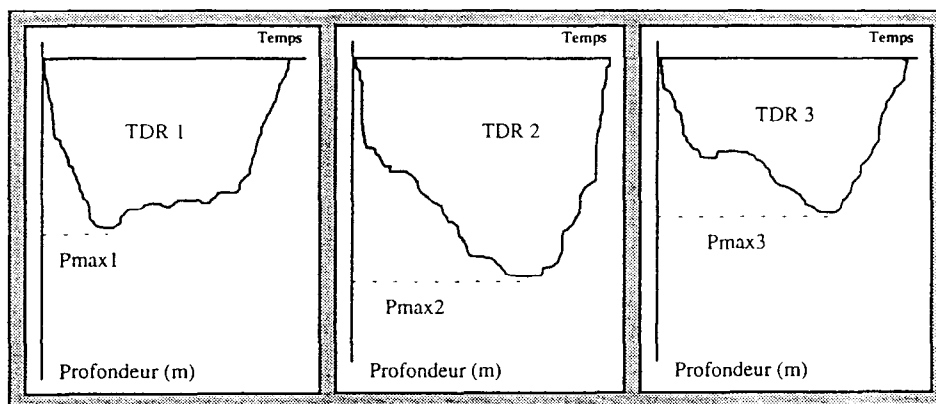


Figure 11. - Profils de profondeurs obtenus à partir des 3 TDR placés par demi-élément.

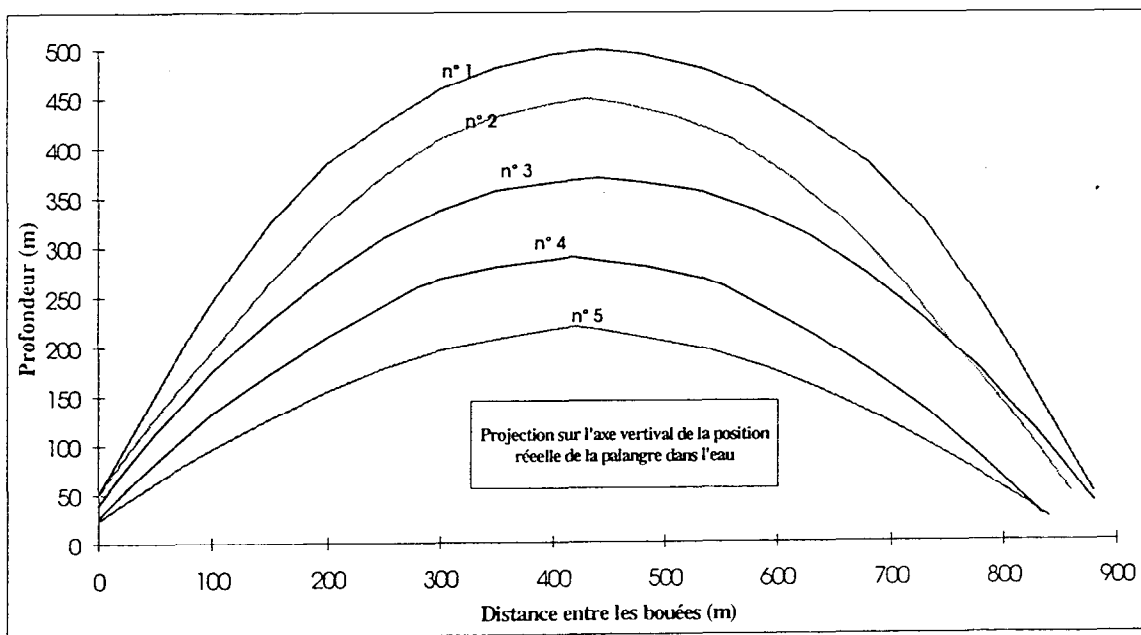


Figure 12. - Courbes types obtenues lors des pêches expérimentales.

Tableau 4. - Coordonnées des points extraites des courbes types (unité : mètre).

courbe 1		courbe 2		courbe 3		courbe 4		courbe 5	
Demi-Dist. Bouées	Profondeur	Demi-Dist. Bouées	Profondeur	Demi-Dist. Bouées	Profondeur	Demi-Dist. Bouées	Profondeur	Demi-Dist. Bouées	Profondeur
440	500	430	450	440	370	417	290	420	220
400	495	400	445	400	365	400	287	400	217
350	482	350	432	350	357	350	280	350	207
300	460	300	410	300	337	300	268	300	196
250	425	250	372	250	310	250	257	250	178
200	385	200	325	200	272	200	210	200	155
150	325	150	265	150	227	150	173	150	127
100	245	100	195	100	175	100	132	100	96
75	200	75	162	75	142	75	107	75	80
50	150	50	127	50	112	50	82	50	61
25	100	25	90	25	77	25	55	25	43
0	50	0	50	0	40	0	27	0	24

4.4.4. Les modèles testés

A partir de ce tableau de données, différents modèles vont être testés. Les variables explicatives pour ces modèles sont :

- dist = distance entre les bouées d'un élément ;
- max = profondeur maximum atteinte par la palangre ;
- n = nombre d'hameçons par élément ;
- lava = longueur de l'avançon ;
- c = longueur de l'orin de bouée.

La variable à expliquer est :

- P_i = profondeur de l'hameçon i ($i=1$ à n).

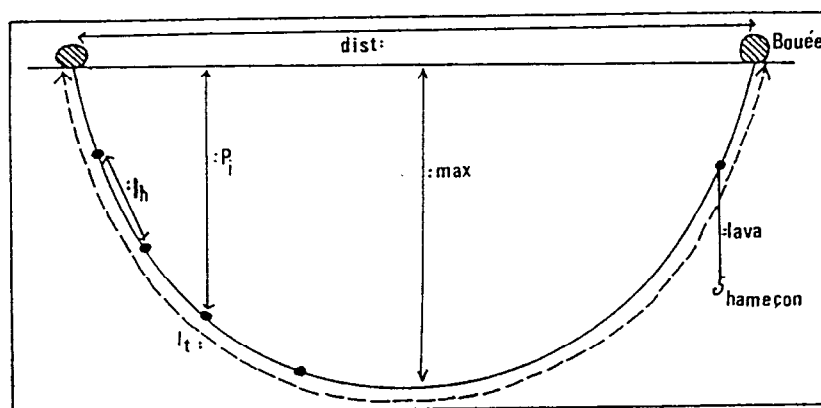


Figure 13. - Schéma représentatif des variables utilisées pour la modélisation.

Six modèles ont été testés :

- forme puissance ($y = b + x^a$) ;
- forme exponentielle ($y = b \exp(a \cdot x)$) ;
- forme semi-logarithmique ($y = a \log x + b$) ;
- forme hyperbolique ($y = x(a + (bx))$) ;
- forme asymptotique simple ($y = a(1 - \exp^{-kx})$) ;
- forme asymptotique corrigée ($y = a(1 - \exp^{-k(b-cx)})$).

Dans lesquels :

- y = Profondeur ;
- x = Demi-distance entre les bouées ;
- a et b = paramètres du modèle ;
- c = longueur de l'orin de bouée.

Les calculs ont été réalisés à l'aide du programme GRAPH.EXE sous environnement WINDOWS et à l'aide du module NONLINEAR REGRESSION du progiciel STATGRAPHICS.

Les résultats sont consignés dans les *annexes 5 et 6*. Un simple examen des valeurs du coefficient de détermination (*tabl. 5*) nous permet d'éliminer rapidement les quatre premiers modèles. Les modèles asymptotiques, simple (MAS) et corrigée (MAC), apparaissent comme les mieux adaptées.

Tableau 5 : Valeurs du coefficient de détermination (R^2) associées aux ajustements des différents modèles

	Courbe 1	Courbe 2	Courbe 3	Courbe 4	Courbe 5
Modèle puissance	0.813	0.845	0.842	0.845	0.813
Modèle exponentiel	0.646	0.601	0.631	0.620	0.604
Modèle semi-log.	0.646	0.603	0.631	0.620	0.604
Modèle hyperbolique	0.971	0.960	0.988	0.959	0.960
Modèle asympt. simple	0.996	0.994	0.997	0.996	0.998
Modèle asympt. corrigé	0.996	0.994	0.998	0.996	0.998

Afin de rendre compte de la qualité du modèle asymptotique, l'étude des résidus (valeurs observées - valeurs calculées) réduits (résidus / écart-type) en fonction de la demi-distance entre les bouées, est effectuée. Elle permet de comparer les écarts entre les données estimées par le modèle et les données observées (TOMASSONE *et al.*, 1983). Les tracés des résidus réduits en fonction de la valeur de la projection dans le plan horizontal d'un point de la courbe pour chaque modèle MAS et MAC ajusté aux 5 courbes types sont reportés sur les *figures 14 et 15*.

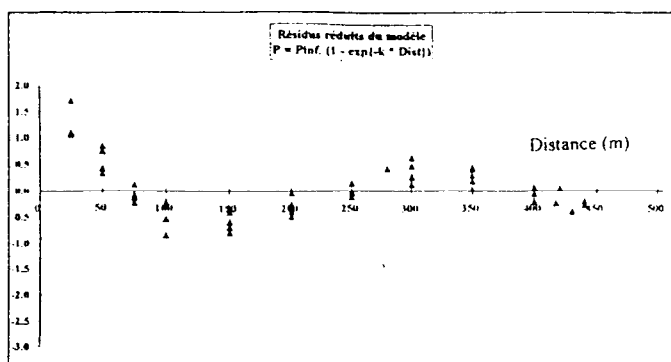


Figure 14. - Résidus réduits du modèle asymptotique simple.

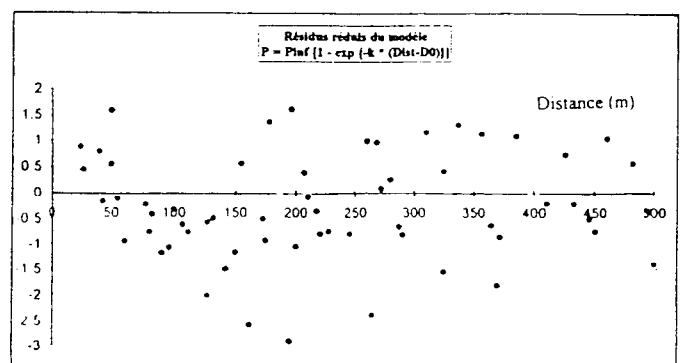


Figure 15. - Résidus réduits du modèle asymptotique corrigé.

Nous constatons que pour le MAC, les résidus réduits se répartissent entre 2 et -3, et qu'aucune tendance se dégage. Les valeurs des résidus réduits du MAS sont plus faibles et comprises entre 2 et -1. Au delà de 75 m, leur intervalle de variation est même compris entre 1 et -1. En revanche, une tendance sinusoïdale se dégage. Néanmoins, cette tendance peut être facilement modélisée et on montre que la qualité des estimations de la profondeur par le MAS, avec prise en compte de la tendance, est supérieure à celle des estimations de profondeur par le MAC. En conséquence, le MAS avec prise en compte de la tendance sera utilisé pour les calculs qui vont suivre.

4.4.5. Le modèle asymptotique

Le MAS ($y = a(1 - \exp^{-kb})$) sera donc utilisé pour modéliser la forme de la palangre dans son milieu. Par analogie au modèle de von BERTALANFFY (1938), nous écrirons : $[P = \text{Pinf}(1 - \exp^{-kb})]$. La valeur de **Pinf** est une fonction de la profondeur maximum atteinte par la palangre (**Pmax**), et **k** est un paramètre caractéristique de la forme de la palangre dépendant du taux de courbure (sagging rate) et de la force du courant. Les estimations des paramètres **k** et **Pinf** réalisées sur les 5 courbes types sont les suivants :

Tableau 6. - Résultats du modèle asymptotique obtenus sur les cinq courbes types.

Modèle $P = \text{Pinf}(1 - \exp^{-kb})$	Pinf	k
Courbe 1	536.37	0.00634
Courbe 2	510.48	0.00516
Courbe 3	402.93	0.00587
Courbe 4	328.14	0.00530
Courbe 5	249.35	0.00504

4.4.5.1. Analyse des résidus

Le modèle asymptotique simple engendre une erreur non aléatoire, assimilée à une tendance qui doit être prise en compte et associée à chaque estimation. En traçant la courbe Résidus Réduits (RR) = f(Demi-distance entre les bouées), nous constatons une tendance générale des valeurs résiduelles pour chacune des courbes types (fig. 16). Cette tendance peut être modélisée par une fonction polynomiale du troisième ordre de la forme $RR = a(\text{dist})^3 + b(\text{dist})^2 + c(\text{dist}) + d$ ($a = -2.9 \cdot 10^{-7}$; $b = 2.15 \cdot 10^{-4}$; $c = -0.0455$; $d = 2.38$).

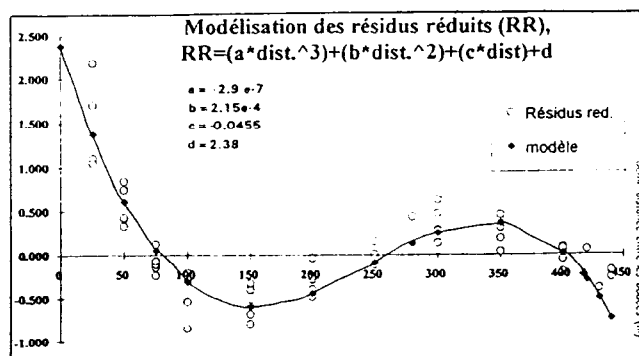


Figure 16 : Modélisation de la tendance des résidus réduits

4.4.5.2. Résultats

A la suite de ces résultats, le calcul de la profondeur de la palangre en fonction de la distance entre les bouées correspond à la somme entre, la profondeur calculée par le modèle asymptotique et son erreur respective estimée par le modèle polynomial d'ordre 3.

$$P = \text{Pinf} (1 - \exp (-k * \text{dist})) + \varepsilon$$

P = profondeur atteinte par la palangre

Pinf et **k** = paramètres du modèle

dist = distance entre les bouées

ε = tendance résiduelle due au modèle

$$\varepsilon = \sigma_{\text{res}} * [(-2.9^{-7} * \text{dist}^3) + (2.15^{-4} * \text{dist}^2) + (-0.0455 * \text{dist}) + 2.38]$$

σ_{res} = écart type moyen des résidus

Nous pouvons donc écrire, pour chacune des courbes :

$P = [\text{Pinf} (1 - \exp (-k * \text{dist}))] + [\sigma_{\text{res}} * \{(-2.9^{-7} * \text{dist}^3) + (2.15^{-4} * \text{dist}^2) + (-0.0455 * \text{dist}) + 2.38 \}]$

4.4.6. Calcul de la profondeur des hameçons

4.4.6.1. La démarche utilisée

Pour calculer directement la profondeur d'un hameçon associée à une longueur de ligne filée, on peut rechercher l'expression algébrique d'une fonction reliant la profondeur à l'abscisse curviligne d'un point sur la courbe. L'usage, dans un premier temps, de cette démarche a montré qu'il n'existe pas d'expression algébrique simple permettant l'estimation de cette profondeur.

En conséquence, la solution envisagée a consisté à calculer la longueur totale de ligne filée par élément. La longueur de ligne filée entre chaque hameçon, considérée constante, est obtenue par une simple règle de trois.

$$l_h = (l_t / (\text{nombre d'hameçons} + 1))$$

l_h = longueur de ligne filée entre les hameçons

l_t = longueur totale de ligne filée par élément

4.4.6.2. Estimation de la longueur théorique de ligne filée

Chacun des modèles asymptotiques décrit précédemment représente la moitié de la longueur théorique de ligne filée que l'on appellera dl_t (demi-longueur théorique). Pour un tronçon i de la ligne suffisamment petit, on considérera que sa forme est linéaire. Dans ce cas, la longueur de l'élément i peut être calculée par le théorème de Pythagore. Les cotés sont représentés par un intervalle de profondeur (p_i) et un intervalle de distance (d_i).

La demi-distance linéaire entre les bouées ($ddist = dist / 2$) est divisée en n_i éléments. On a donc : $ddist = \sum n_i$ ($i = 1$ à 400). Différents essais avec des valeurs croissantes de n_i ont été réalisés, à partir de 400, les résultats obtenus restent identiques, ce qui explique le choix de cette valeur seuil.

Pour un élément i , les valeurs des bornes de distance associées sont :

$$d_i = (ddist / 400) * i$$

$$d_{i+1} = (ddist / 400) * (i+1)$$

Les valeurs respectives de la profondeur associées aux valeurs de distance sont :

$$p_i = Pinf (1 - \exp(-k * d_i))$$

$$p_{i+1} = Pinf (1 - \exp(-k * d_{i+1}))$$

La longueur de ligne filée associée à cet intervalle i est :

$$h_i = \sqrt{[(d_{i+1}) - d_i]^2 + [p_{i+1} - p_i]^2}$$

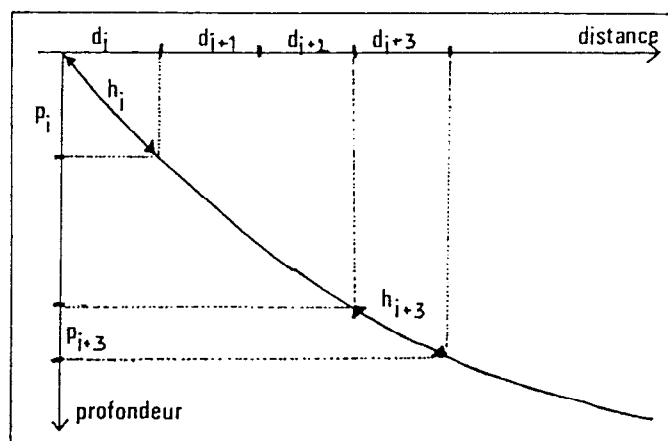


Figure 17. - Représentation des variables utilisées.

La demi longueur théorique de ligne filée est égale à la somme des longueurs estimées pour chaque intervalle i :

$$dlt = \sum h_i \quad (i = 1 \text{ à } 399)$$

La longueur théorique de ligne filée par élément est :

$$l_t = 2 \sum h_i$$

L'intervalle entre chaque hameçon étant considéré comme constant, la longueur de ligne filée entre les hameçons est égale à l_h .

$$l_h = l_t / (\text{nombre d'hameçons} + 1)$$

4.4.6.3. Calcul de la profondeur de chaque hameçon

Connaissant maintenant la distance entre les hameçons nous pouvons écrire que :

$$l_h = \sqrt{([D_i - D_{i-1}]^2 + [P_i - P_{i-1}]^2)}$$

avec :

D_i = distance projetée (sur l'axe horizontal) associée à l'hameçon i

P_i = profondeur non corrigée de l'hameçon i

L'expression de l_h a une inconnue D_i , puisque pour l'hameçon $n^o 1$:

$$D_{i-1} = 0 \text{ et } P_{i-1} = P_{inf} (1 - \exp(-k * D_{i+1})) = 0$$

Pour n'importe quel hameçon i les valeurs de D_{i-1} et P_{i-1} sont calculées à l'étape $i-1$. Il convient donc de trouver une solution à l'équation :

$$l_h^2 = [D_i - D_{i-1}]^2 + [P_{inf} (1 - \exp(-k * D_i)) - P_{inf} (1 - \exp(-k * D_{i-1}))]^2$$

Cette solution est obtenue par itération successive. La procédure de calcul est lancée en choisissant une valeur initiale de $D_i = D_{i,1}$ comprise entre 1 et 100.

On calcul alors la différence :

$$T = \sqrt{A - l_h}$$

$$\text{avec } A = [D_{i,1} - D_{i-1}]^2 + [P_{inf} (1 - \exp(-k * D_{i,1})) - P_{inf} (1 - \exp(-k * D_{i-1}))]^2$$

Si $T > 0$, on passe à une autre itération n en rentrant une nouvelle valeur de D_i appelée $D_{i,n}$ tels, que :

$$D_{i,n} = D_{i,(n-1)} - 0.1$$

Si $T < 0$, on passe à une autre itération m en rentrant une nouvelle valeur de D_i appelée $D_{i,m}$ tels, que :

$$D_{i,m} = D_{i,(m-1)} - 0.1$$

Quand la valeur absolue de T est comprise entre 0 et 0.1, à la p ème itération, la valeur de $D_{i,p}$ correspond à la solution qui donne la valeur de la distance linéaire associée à l'hameçon i .

L'équation du modèle de la forme de la palangre associée à la situation étudiée permet le calcul de la profondeur non corrigée de l'hameçon i .

$$P_i = P_{inf} (1 - \exp(-k * D_{i,p}))$$

Si on rajoute la longueur de l'avancçon et l'erreur non aléatoire résultant de la modélisation, on obtient l'estimation de la profondeur de l'hameçon i pendant la pêche.

$$P_i = [P_{inf} (1 - \exp(-k * D_{i,p}))] + [\sigma_{res} * \{(-2.9^{-7} * dist^3) + (2.15^{-4} * dist^2) + (-0.0455 * dist) + 2.38\}]$$

σ_{res} = Ecart-type moyen des résidus.

4.4.7. Généralisation du modèle au sein de l'intervalle d'observation

Afin de pouvoir estimer les profondeurs de pêche des hameçons dans des situations différentes des 5 courbes types, nous avons cherché une méthode d'estimation des valeurs des 2 paramètres du modèle : **Pinf** et **k**.

Deux variables caractérisant la forme de la palangre ont été retenues :

- la profondeur maximale, dont la valeur est donnée par les enregistreurs de pression posés sur la ligne mère ;
- le rapport : distance entre les bouées / profondeur maximale.

L'ensemble des calculs constitue un programme élaboré en QuickBASIC (*annexes 7 et 8*).

4.4.7.1. Analyse de *Pinf*

Une modélisation du type **Pinf = f(r)**, ou **r = distance entre les bouées / profondeur maximale**, nous conduit à une forme puissance : **Pinf = r^a*b** ($a = -1.01123$; $b = 478.462$). Cette modélisation n'est utilisable que dans les limites de validité du modèle, pour des profondeurs de 200 à 500 mètres et des distances entre bouées de 800 à 1 000 m (*fig. 18*).

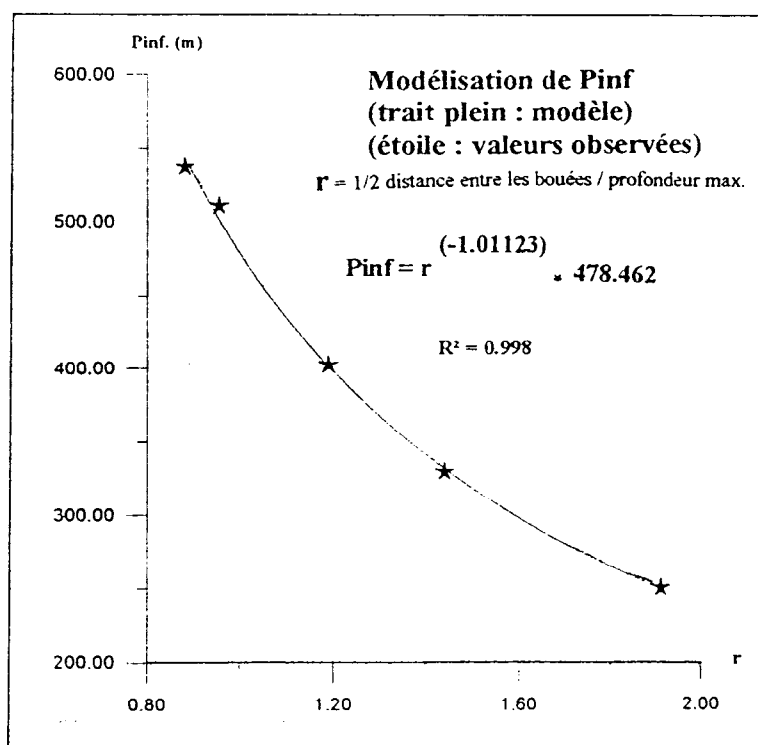


Figure 18. - Modélisation de *Pinf*.

4.4.7.2. Analyse de k

Une modélisation du type $k = f(\text{profondeur maximum atteinte par la palangre})$, nous conduit à une régression linéaire : $k = a \cdot \text{max} + b$ ($a = 3.02 \cdot 10^{-6}$; $b = 0.0045$). Cette modélisation n'est utilisable que dans les limites de validité du modèle, définies ci-dessus (fig. 19)

$$k = (3.02 \cdot 10^{-6} * \text{max}) + 0.0045$$

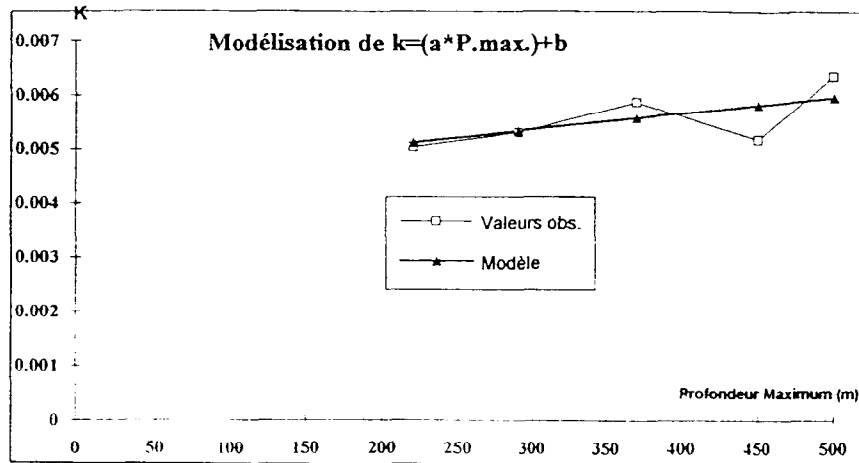


Figure 19. - Modélisation de k.

4.4.8. Les limites du modèle et discussion

Ce modèle nous permet de calculer la profondeur de chaque hameçon en pêche. Cependant il possède ses propres limites. D'une part il n'est réalisé qu'à partir de 5 courbes types, ne représentant que des profondeurs de 500 à 200 mètres et des distances entre bouées de 800 à 1 000 mètres. D'autre part il nécessite plusieurs hypothèses :

- distance inter-hameçon constante ;
- influence longitudinale du/des courant(s) sur la palangre constante ;
- influence du courant sur l'avancéon négligeable ;
- influence des poissons sur la forme de la palangre négligeable.

A terme, plusieurs expérimentations et développement supplémentaires mériteront d'être développés.

Dans un premier temps, il sera nécessaire d'étudier la robustesse du modèle en comparant, dans ses limites de validité, les estimations obtenues et les données expérimentales collectées par l'instrumentation. Il faut en effet que cette étude soit faite à partir de données statistiquement indépendantes.

Dans un deuxième temps, une démarche analogue à celle présentée pourra être menée afin d'augmenter les limites de validité du modèle.

Enfin, il serait intéressant de réaliser plusieurs simulations en faisant varier tour à tour un ou plusieurs paramètres du modèle (distance de ligne filée, k, Pinf et distance entre les bouées) afin d'observer le comportement du modèle c'est à dire la forme de la palangre. Ces résultats pouvant être comparés à des essais réalisés lors de poses de palangres expérimentales.

5. RESULTATS DE LA CAMPAGNE ECOTAPP

5.1. Analyse des captures

Lors de cette mission, 26 poses de palangres ont été effectuées (19 de jour et 7 de nuit) sur 26 stations différentes (fig. 8, p. 27). Au total 8944 hameçons ont été mis à l'eau, 271 poissons ont été capturés pour un poids total de 7 713 kg.

Ces poissons appartiennent à 24 espèces différentes (tabl. 7).

Tableau 7. - Liste faunistique des espèces capturées.

Nom commun	Nom scientifique	Abréviation	H.H.
"Lancetfish"	<i>Alepisaurus ferox</i>	ale	oui
Barracuda	<i>Sphyræna barracuda</i>	brd	oui
Espadon	<i>Xiphias gladius</i>	esp	oui
Fausse carangue	<i>Bramidae gen. sp.</i>	brm	oui
Germon	<i>Thunnus alalunga</i>	ger	oui
Mahi Mahi	<i>Coryphaena hippurus</i>	mhm	oui
Marlin bleu	<i>Makaira mazara</i>	mrb	oui
Marlin noir	<i>Makaira indica</i>	mrn	oui
Marlin rayé	<i>Tetrapturus audax</i>	mrr	oui
Poisson huile	<i>Ruvettus preciosus</i>	ruv	oui
Requin bleu	<i>Prionace glauca</i>	rbl	oui
Requin marteau	<i>Sphyrna sp.</i>	rma	oui
Requin océanique à nageoires blanches	<i>Carcharinus longimanus</i>	rlo	oui
Requin renard à grande queue	<i>Alopias sp.</i>	rrl	oui
Requin renard à gros yeux	<i>Alopias superciliosus</i>	rrc	oui
Requin soyeux	<i>Carcharhinus falciiformis</i>	rsy	oui
Saumon des dieux	<i>Lampris regius</i>	sau	oui
Thazard	<i>Acanthocybium solandri</i>	thz	oui
Thon jaune	<i>Thunnus albacares</i>	tjo	oui
Thon obèse	<i>Thunnus obesus</i>	tob	oui
Bonite	<i>Katsuwonus pelamis</i>	lis	non
Marlin à rostre court	<i>Tetrapturus angustirostris</i>	mrc	non
Poisson lune	<i>Mola mola</i>	mol	non
Raie	<i>Dasyatis violacea</i>	rvi	non

H.H. : poisson capturé sur horloge d'hameçon

Les thons représentent 44,6 % du total des captures, contre 18 % pour les requins et 11,1 % pour les espèces à rostre. Les rendements obtenus sont représentés dans le tableau 8.

Tableau 8. - Rendement des principales espèces.

Espèce	Pourcentage (effectif)	Poids moyen (kg)	Effectif/100 ham.
Germon	20.3	21	0.61
Thon jaune	12.5	29.4	0.38
Thon obèse	11.8	29.8	0.36
Poissons à rostre	11.1	44.8	0.34
Requin	18	48.6	0.55
Divers commercial	3.2	31.5	0.16
Divers non commercial	17.3	12	0.61

Total thons	44.6	20.4	1.35
Total commercial	60.9	31.3	1.8
Total non commercial	39.1	26.8	1.1
Total	100	26.2	3

5.1.1. Distribution des différentes espèces

Grâce à la présence d'horloges d'hameçon, il a été possible de déterminer l'heure de mordage. En utilisant les enregistrements des TDR, la profondeur maximum atteinte par la palangre est relevée. Le numéro d'hameçon étant connu pour chaque poisson, les profondeurs de captures sont calculées par le modèle décrit précédemment. A partir des données de la sonde multiparamètre (salinité, densité et température en fonction de la profondeur), les températures ambiantes sont relevées.

Au total, nous disposons pour chaque poisson de 5 variables, collectées lors de la pêche, caractérisant la capture :

- la profondeur de mordage ;
- la température du site de mordage;
- l'heure de mordage;
- la position géographique ;
- la période de mordage (poisson capturé quand l'hameçon est en mouvement, lors de la descente ou de la remontée de la palangre, ou au repos).

Au total 694 horloges ont été déclenchées, pour 271 captures, 102 poissons ont été capturés sur des hameçons sans horloge. En conséquence, les 5 variables mentionnées ci-dessus ne sont disponibles que pour 169 poissons, soit 62.4 % des captures.

Vingt espèces ont été capturées sur horloge, seules 3 sont bien représentées, il s'agit du germon, du thon jaune et du thon obèse avec respectivement 47, 19 et 26 individus. La répartition des 20 espèces en fonction de la température et la profondeur est représentée sur les figures 20 et 21.

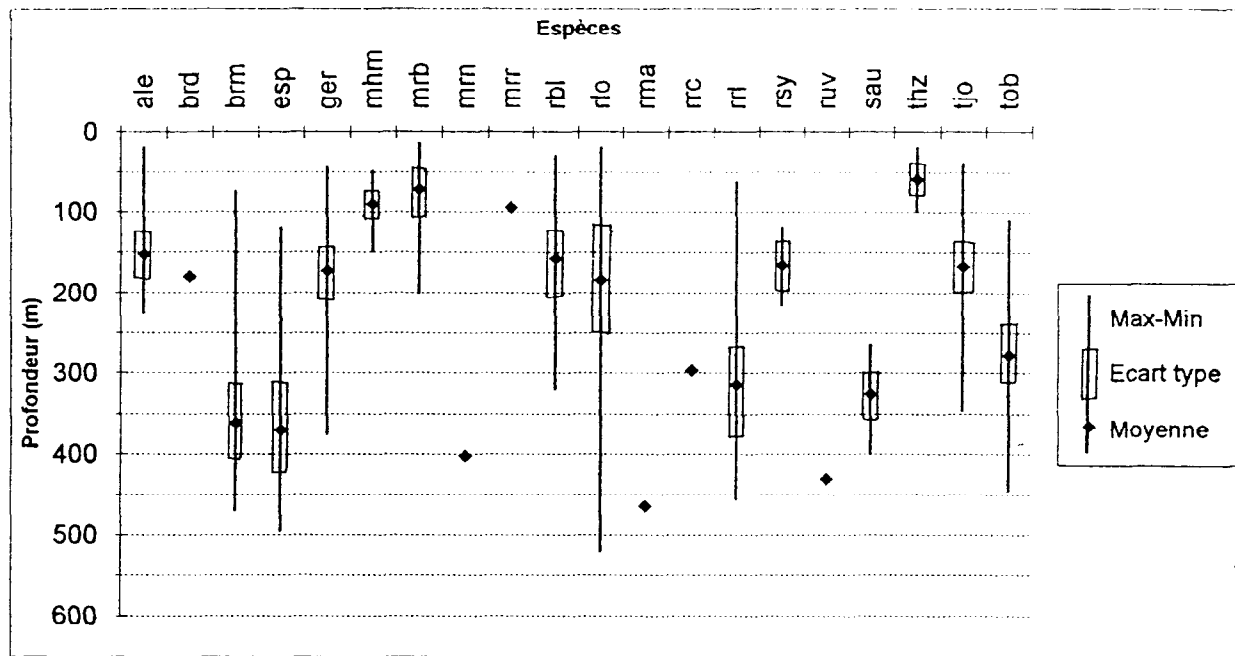


Figure 20. - Profondeurs de capture des différentes espèces pêchées.

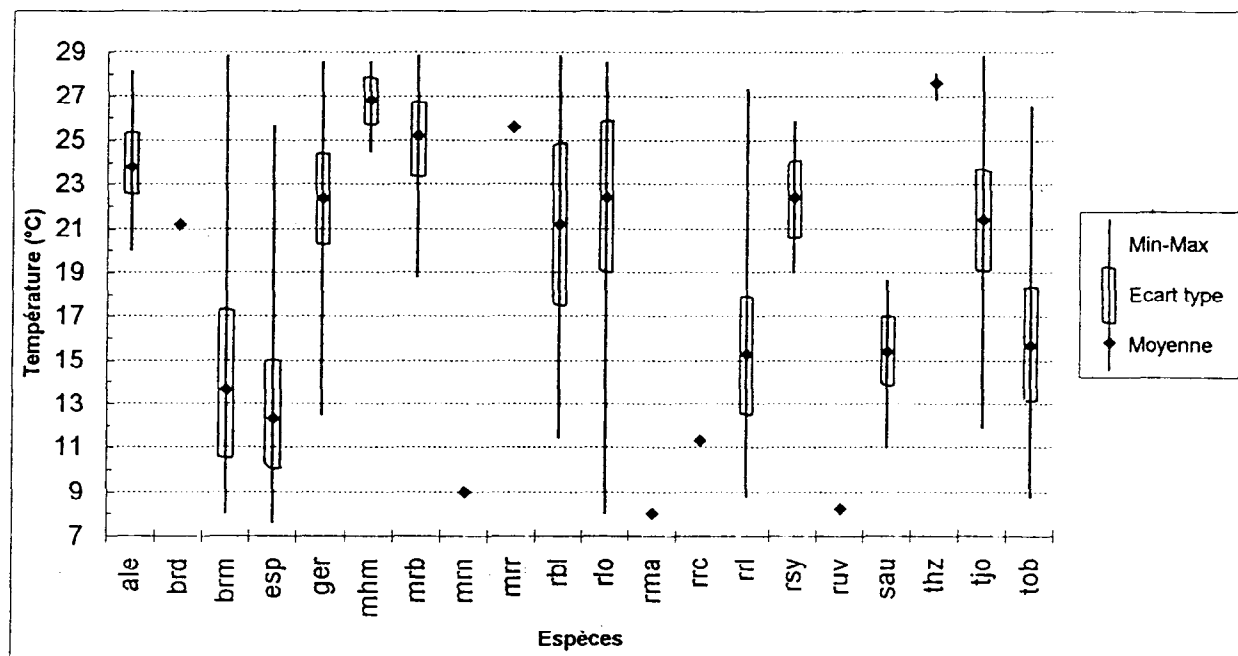


Figure 21 - Températures de capture des différentes espèces pêchées.

Tableau 9. - Profondeur et température moyenne des captures.

Nom commun	Nbre	Prof. moy. (m)	Ec.type	Temp. moy.(°C)	Ec. type
"Lancetfish"	5	153	72	23.1	3.2
Espadon	5	450	38	8.7	0.5
Fausse carangue	9	361	119	13	7.5
Germon	41	173	78	22.4	4.4
Mahi Mahi	4	90	44	26.8	2
Marlin bleu	6	72	44	26.3	1.8
Marlin noir	1	403		9	
Marlin rayé	2	94	18	26.3	1
Poisson huile	1	430		8	
Requin bleu	13	158	94	21	7
Requin marteau	1	464		8	
Requin océanique à nageoires blanches	7	184	163	21.3	7.5
Requin renard à grande queue	6	314	109	13	4
Requin renard à gros yeux	1	297		11.3	
Requin soyeux	2	166	68	22.4	5
Saumon des dieux	1	253		18.6	
Thazard	3	59	28	28	0.3
Thon jaune	19	167	90	21.4	5.4
Thon obèse	21	277	95	15.6	5.5

Rq. : Les pêches de jour et de nuit sont cumulées

Pour les thons les résultats sont représentés sur les figures 22 et 23.

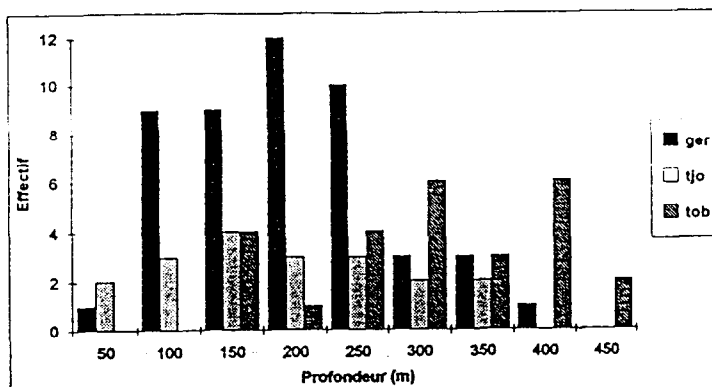


Figure 22. - Profondeurs de capture des 3 espèces de thon.

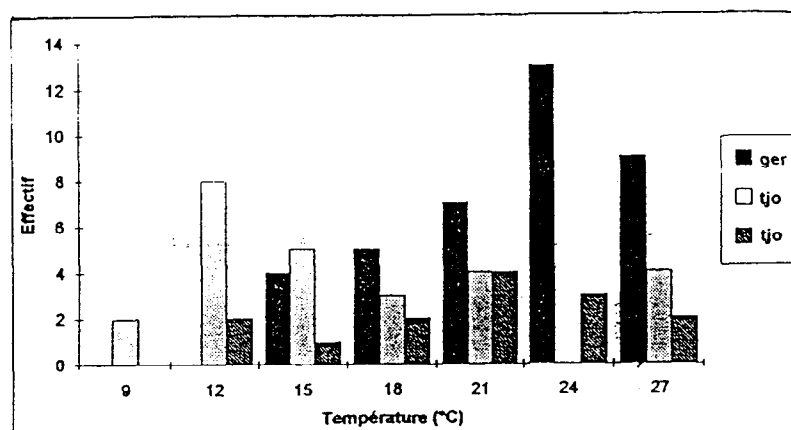


Figure 23. - Températures de capture des 3 espèces de thon.

5.1.2. Comparaison de la distribution des captures de thons : profondeur et température

Le test de comparaison de Kolmogorov-Smirnov (SCHERRER, 1984) est un test non paramétrique de conformité qui est utilisé pour comparer deux échantillons indépendants. Il s'applique aux variables quantitatives et possède l'avantage d'être puissant. Il consiste à calculer les différences existant entre les distributions de fréquences relatives cumulées de deux échantillons et à vérifier si la plus grande des différences peut être le fruit de fluctuations fortuites d'échantillonnage. Si ce n'est pas le cas, l'écart peut provenir d'une différence de position des deux distributions, ou encore d'une différence de dispersion, d'asymétrie ou autre.

Neuf classes de profondeur ont été distinguées, ces classes sont de 50 mètres (intervalle de la classe $>$ à l'erreur moyenne de l'estimation de la profondeur commise par le modèle). Elles représentent les profondeurs de 0 à 450 mètres.

Sept classes de température ont été définies, ces classes sont de 3°C (classe $>$ à l'erreur moyenne). Elles représentent les températures de 7 à 28°C. Les espèces sont comparées deux à deux.

Les traitements ont été réalisés à l'aide du PROGICIEL STAT-ITCF.

5.1.2.1. La profondeur

Classes	Fréquences absolues		Fréquences relatives cumulées	
	Thon jaune	Thon obèse	Thon jaune	Thon obèse
0-50 m	2	0	0.1053	0
50-100 m	3	0	0.2632	0
100-150 m	4	4	0.4737	0.1538
150-200 m	3	1	0.6316	0.1923
200-250 m	3	4	0.7895	0.3462
250-300 m	2	6	0.8947	0.5769
300-350 m	2	3	1	0.6923
350-400 m	0	6	1	0.9231
400-450 m	0	2	1	1
Total	N1=19	N2=26		

D max = 0.4433

Résultat D max $>$ D critique

valeur critique du seuil à 5 % = 0.4105 (0.5071 à 1%)

rejet de l'hypothèse H0,

les deux échantillons sont différents.

Classes	Fréquences absolues		Fréquences relatives cumulées	
	Thon jaune	Thon germon	Thon jaune	Thon germon
0-50 m	2	1	0.1053	0.0213
50-100 m	3	8	0.2632	0.1915
100-150 m	4	10	0.4737	0.4043
150-200 m	3	11	0.6316	0.6383
200-250 m	3	10	0.7895	0.8511
250-300 m	2	3	0.8947	0.9149
300-350 m	2	3	1	0.9787
350-400 m	0	1	1	1
400-450 m	0	0	1	1
Total	N1=19	N2=47		

D max = 0.0840

Résultat D max $<$ D critique

valeur critique du seuil à 5 % = 0.3697

l'hypothèse H0 ne peut être rejetée,

les deux échantillons ne sont pas différents.

Classes	Fréquences absolues		Fréquences relatives cumulées	
	Thon obèse	Thon germon	Thon obèse	Thon germon
0-50 m	0	1	0	0.0213
50-100 m	0	8	0	0.1915
100-150 m	4	10	0.1538	0.4043
150-200 m	1	11	0.1923	0.6383
200-250 m	4	10	0.3462	0.8511
250-300 m	6	3	0.5769	0.9149
300-350 m	3	3	0.6923	0.9787
350-400 m	6	1	0.9231	1
400-450 m	2	0	1	1
Total	N2=26	N2=47		

D max = 0.5049

Résultat D max > D critique

valeur critique du seuil à 1 % = 0.4106

rejet de l'hypothèse H0,**les deux échantillons sont différents.**

5.1.2.2. La température

Classes	Fréquences absolues		Fréquences relatives cumulées	
	Thon jaune	Thon obèse	Thon jaune	Thon obèse
7-10°C	0	3	0	0.1154
10-13°C	2	7	0.1053	0.3846
13-16°C	2	7	0.2105	0.6538
16-19°C	4	1	0.4211	0.6923
19-22°C	3	4	0.5789	0.8462
22-25°C	2	0	0.6842	0.8462
25-28°C	6	4	1	1
Total	N2=19	N2=26		

D max = 0.4433

Résultat D max > D critique

valeur critique du seuil à 5 % = 0.4105 (0.5071 à 1%)

rejet de l'hypothèse H0,**les deux échantillons sont différents.**

Classes	Fréquences absolues		Fréquences relatives cumulées	
	Thon jaune	Thon germon	Thon jaune	Thon germon
7-10°C	0	0	0	0
10-13°C	2	1	0.1053	0.0217
13-16°C	2	6	0.2105	0.1522
16-19°C	4	3	0.4211	0.2174
19-22°C	3	9	0.5789	0.4130
22-25°C	2	14	0.6842	0.7174
25-28°C	6	13	1	1
Total	N2=19	N2=46		

D max = 0.2037

Résultat D max < D critique

valeur critique du seuil à 5 % = 0.3709

l'hypothèse H0 ne peut être rejetée**les deux échantillons ne sont pas différents.**

Classes	Fréquences absolues		Fréquences relatives cumulées	
	Thon obèse	Thon germon	Thon obèse	Thon germon
7-10°C	3	0	0.1154	0
10-13°C	7	1	0.3846	0.0217
13-16°C	7	6	0.6538	0.1522
16-19°C	1	3	0.6923	0.2174
19-22°C	4	9	0.8462	0.4130
22-25°C	0	14	0.8462	0.7174
25-28°C	4	13	1	1
Total	N2=26	N2=46		

$D_{max} = 0.5017$

Résultat $D_{max} > D_{critique}$
(à 5 %)

valeur critique du seuil à 1 % = 0.4122

rejet de l'hypothèse H_0 ,
les deux échantillons sont différents.

Il n'apparaît donc pas de différences significatives entre les distributions du thon jaune et du germon en fonction de la température et de la profondeur, puisque l'hypothèse de conformité du test de Kolmogorov-Smirnov est toujours acceptée.

Le thon jaune et le thon obèse mordent à des températures et des profondeurs différentes. Cette différence n'est cependant acceptable qu'au seuil de 5 %. Le thon obèse et le germon mordent eux aussi à des températures et des profondeurs différentes, différence acceptable au seuil de 1 %.

L'influence de la variable station sur ces résultats ne doit pas être oubliée, puisqu'il existe de nettes différences dans la répartition géographique des captures. Un test statistique pour affirmer ou infirmer cette hypothèse n'a pu être réalisé en raison du faible effectif des échantillons.

5.2. Les heures de capture et mordage

A partir des horloges déclenchées avec présence d'un poisson (capture) ou absence (mordage), nous pouvons comparer le pourcentage de capture sur 24 heures à celui des mordages (fig. 24). On observe un taux de mordage supérieur aux captures (+ de 50 %), dans la tranche horaire 12h01 à 13h. La tendance est inversée pour la tranche 9h01 à 10h.

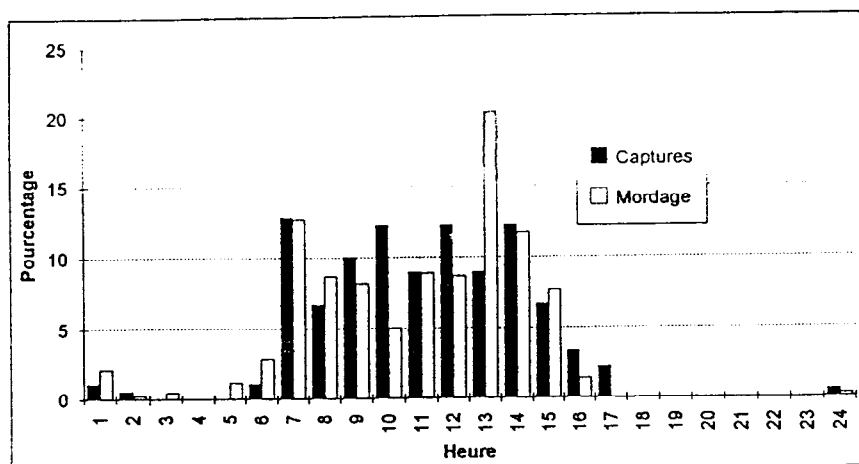


Figure 24. - Pourcentage de captures et mordages en fonction des heures de la journée.

5.2.1. Calcul de l'effort de pêche

Pour étudier plus précisément l'influence de l'heure de la journée sur les mordages et les captures, il a été nécessaire de ramener l'effectif de ces observations à l'effort de pêche déployé durant les différentes tranches horaires. L'unité de cet effort est le **nombre d'hameçons pêchant/heure de la journée**. Il est calculé en sommant le nombre d'hameçons ayant passé x minutes dans l'eau.

Exemple

Une ligne constituée de 12 éléments de 25 hameçons chacun, est filée à partir de 13h. Chaque élément est filé en 15 minutes. Pour le virage chaque élément est remonté en 10 minutes (fig. 25).

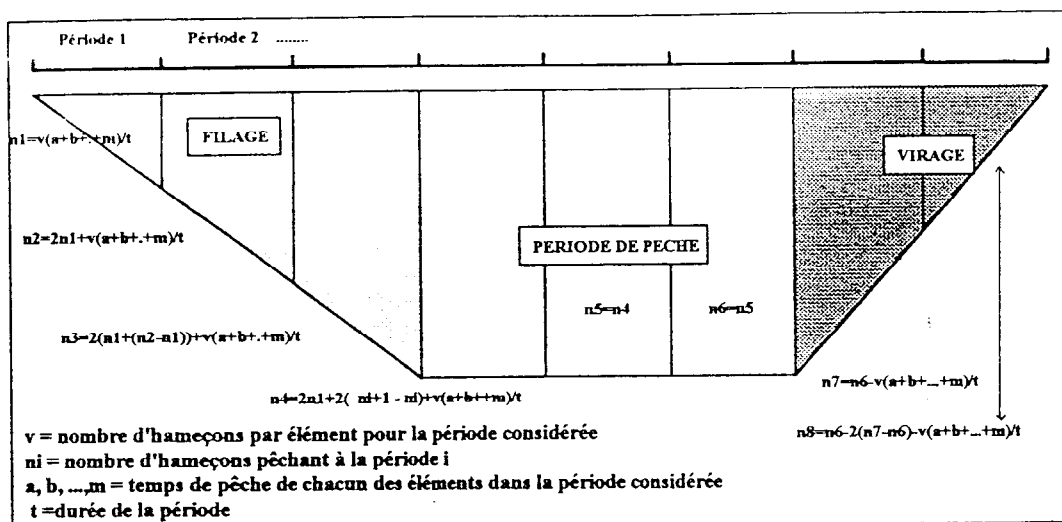


Figure 25. - Calcul de l'effort de pêche.

Le calcul de l'effort de pêche pour la première heure est le suivant :

-nombre d'hameçons par élément * (temps de pêche de chaque élément) / durée de la période.

-De 13h à 14h : $25(45 + 30 + 15 + 0) / 60 = n_1 = 37,5$ hameçons.

Le calcul de l'effort pour les heures suivantes doit tenir compte des hameçons déjà à l'eau au début de la nouvelle période.

-De 14 à 15 h : $(25*4) + 25(45 + 30 + 15) / 60 = n_2 = 137,5$ hameçons.

-De 15 à 16H : $(25*8) + 25(90) / 60 = n_3 = 237,5$ hameçons.

Lors de la période de pêche le nombre d'hameçons est constant, n_4 à $n_6 = 300$ hameçons.

Lors du virage, l'opération inverse est réalisée en tenant compte cette fois ci de la vitesse de remontée des hameçons.

-De 16 à 17h : $300 - 25(50 + 40 + 30 + 20 + 10) = n_7 = 237,5$ hameçons.

-De 17 à 17h : $300 - (25*6) - 25(150/60) = n_8 = 87,5$ hameçons.

La distribution de fréquence de l'effort de pêche, par tranche horaire, exercé lors de la campagne est représentée *figure 26*. Les pêches sont principalement réalisées de jour, 89 % de l'effort se situe entre 6h et 17h.

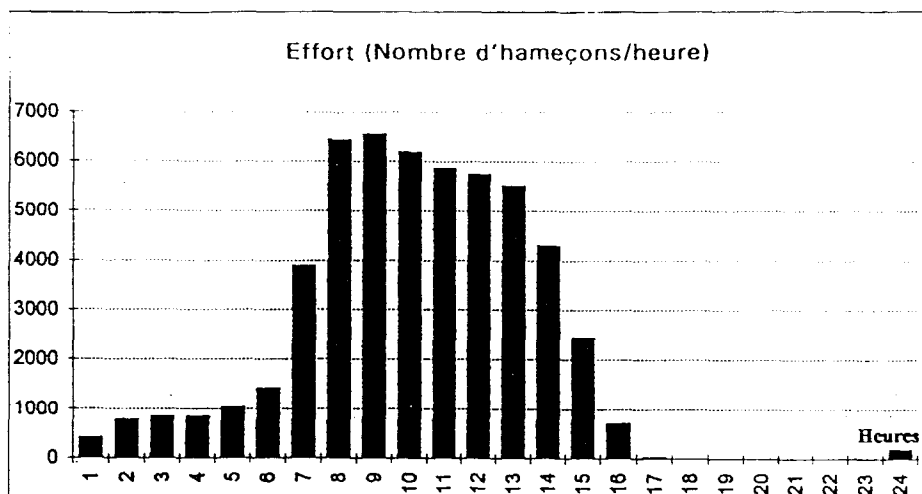


Figure 26. - Distribution de fréquence de l'effort de pêche par tranche horaire déployé lors de la mission ECOTAPP.

5.2.2. Captures et mordages en fonction de l'effort de pêche

La distribution globale des captures et mordages par unité d'effort pour les heures de la journée est représentée sur la *figure 27*. Les tranches horaires 0h à 1h et 16h à 17h ont été éliminées en raison du nombre insuffisant de données.

En théorie, pour chaque tranche horaire, l'effort de pêche à considérer devrait être le nombre d'hameçons pêchant par heure, auquel on retire le nombre d'hameçons ayant eu une capture ou un mordage durant les heures précédentes. En regard de l'effectif des captures et mordages, l'absence de la prise en compte de ces hameçons n'a pas d'effet sur les résultats qui vont être présentés.

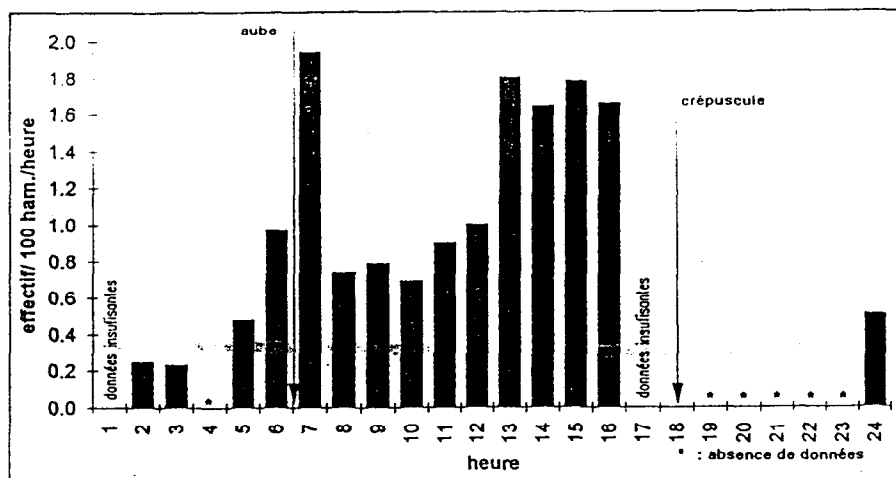


Figure 27. - Variation des C.P.U.E.¹³ au cours de la journée.

13 - Captures Par Unité d'Effort (nombre d'individus capturés/hameçons/heure de la journée)

On relève une nette variation temporelle de l'ensemble mordages plus captures au cours de la journée. Un pic brutal est observé à l'aube entre 6h et 7h, puis il faut attendre 13h pour que les poissons mordent à nouveau de façon significative. Les valeurs obtenues de nuit sont faibles mais non nulles.

Une analyse plus fine est réalisée pour les thons (fig. 28). Le germon est capturé de jour comme de nuit, avec un maximum d'attaques à l'aube et vers 10h. Le thon obèse n'a pas été capturé de nuit, mais il mord préférentiellement entre 13h et 14h. Le thon jaune est capturé en abondance entre 8h et 9h.

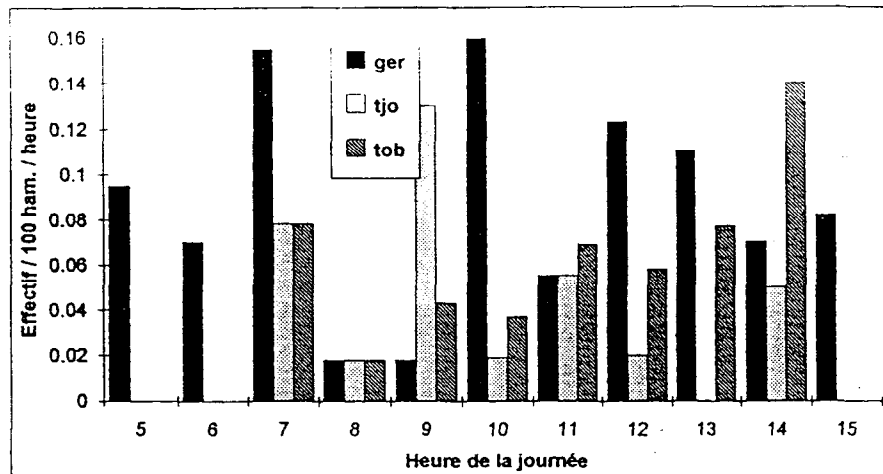


Figure 28. - Variation des C.P.U.E. des 3 espèces de thon au cours de la journée. (données insuffisantes pour les heures manquantes)

Quand aux résultats obtenus de nuit pour le thon jaune et le thon obèse, il convient de tenir compte des stations de pêche. En effet, les pêches nocturnes ont été effectuées autour de l'archipel de la Société. Dans cette zone géographique ces deux espèces semblent peu abondantes (CHABANNE *et al.*, 1993), de plus, en juillet 1993 aucun thon jaune et thon obèse n'avaient été capturé dans cet archipel (JOSSE, comm. pers.). Un test de comparaison statistique entre les distributions de fréquence des prises dans le temps du thon jaune, du thon obèse et du germon s'avère inutile en raison de l'hétérogénéité temporelle des échantillons.

5.2.3. Influence des périodes de pêche

La durée totale d'immersion de la palangre peut être décomposée en deux grandes périodes, l'une d'*instabilité* lorsque les hameçons sont en mouvement, l'autre de *stabilité*, quand les hameçons ont atteint leur profondeur d'équilibre.

La première se rencontre quand la palangre coule entraînant avec elle les hameçons, et lors du virage. Elle peut être caractérisée par un mouvement vertical supérieur à 9 m/mn (écart type : 2.5 m/mn) pour la descente et 11 m/mn (écart type : 4.5 m/mn) à la remontée. Des palangres plombées (2 kg) testées lors de la campagne avaient une vitesse de chute supérieure à 11 m/mn.

Durant la période de stabilité, qui dure jusqu'à ce que la palangre soit remontée, les hameçons subissent l'influence du courant qui provoque des mouvements verticaux de faible vitesse, en général inférieurs à 1 m/mn (maximum enregistré : 3 m/mn sur 100m). Ces mouvements verticaux de faible vitesse sont susceptibles de faire monter ou descendre la palangre sur plusieurs dizaines de mètres (109 m en moyenne ; écart type : 55 m).

Enfin, il faut signaler qu'un poisson de belle taille (marlin, espadon, gros thon ou requin) peut entraîner la palangre, ce qui produit un mouvement vertical non négligeable de 5 à 10 m/mn, mais sur des périodes inférieures à 10 minutes.

Pour chacune des espèces capturées, l'influence de ces périodes sur les captures a été étudiée (fig. 29). Bien que l'effectif de chacune des espèces reste faible, la période d'instabilité, bien que de courte durée, n'est pas sans conséquences sur les captures.

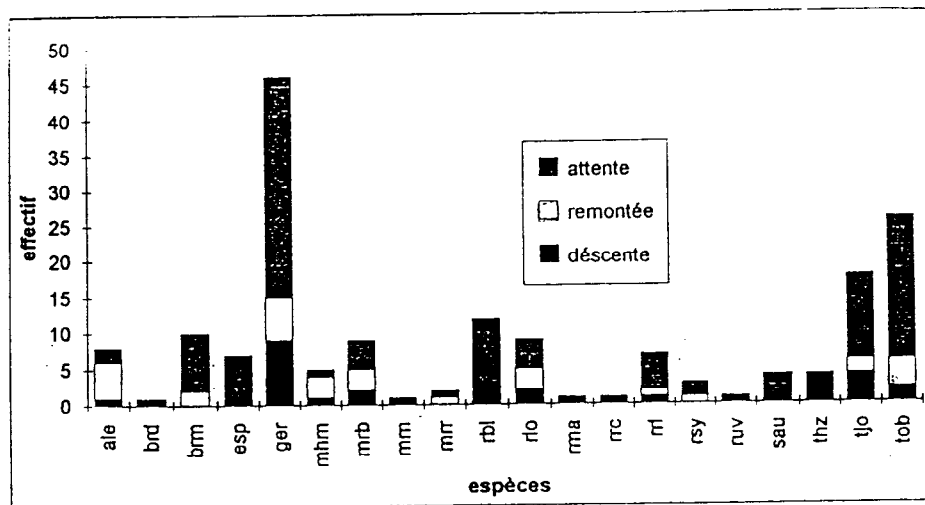


Figure 29. - Influence de la période de pêche sur les captures.

Pour les thons, 30 % des captures de thon jaune et de germon sont effectuées quand l'hameçon est en mouvement, contre 22 % pour le thon obèse (fig. 30).

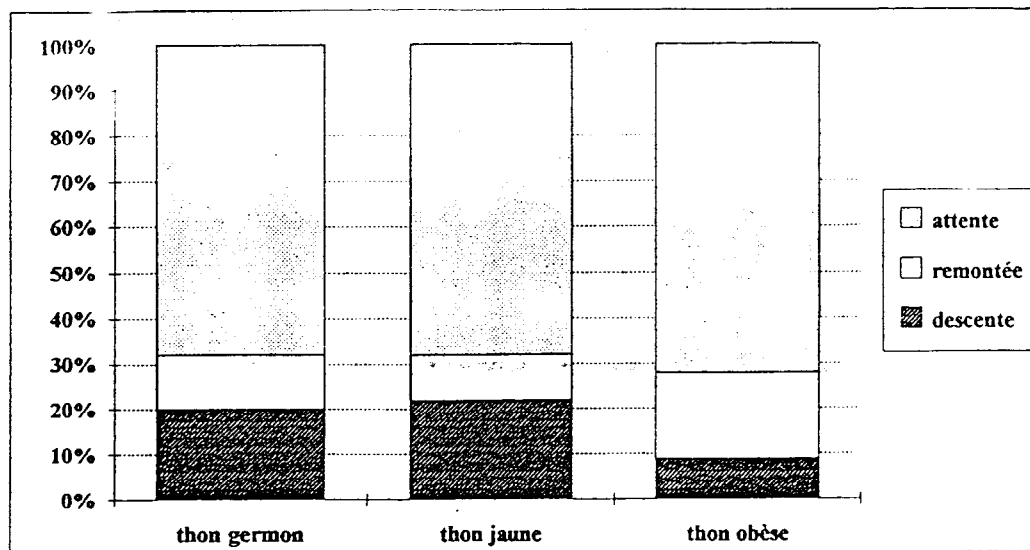


Figure 30. - Influence de la période de pêche, exprimé en pourcentage, sur les captures de thons.

5.2.4. les mordages

Grâce aux horloges d'hameçons, nous connaissons pour chacune des périodes de pêche, le nombre de poissons qui ont attaqué l'appât, entraînant ou non leur capture. Aucune différence n'est observée entre les pourcentages de captures ou de mordages associés aux trois périodes de pêche identifiées (*fig. 31*).

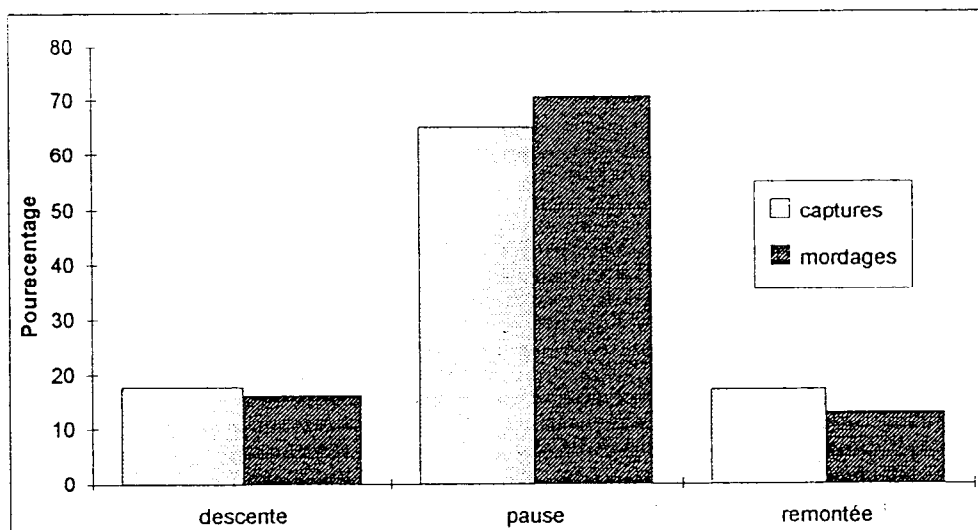


Figure 31. - Influence de la période de pêche sur les captures et les mordages.

On peut cependant observer, un taux plus important de mordage dans la zone 300 - 400 mètres de profondeur, zone où la majeure partie des prises de thon obèse a été observée (*fig. 32*).

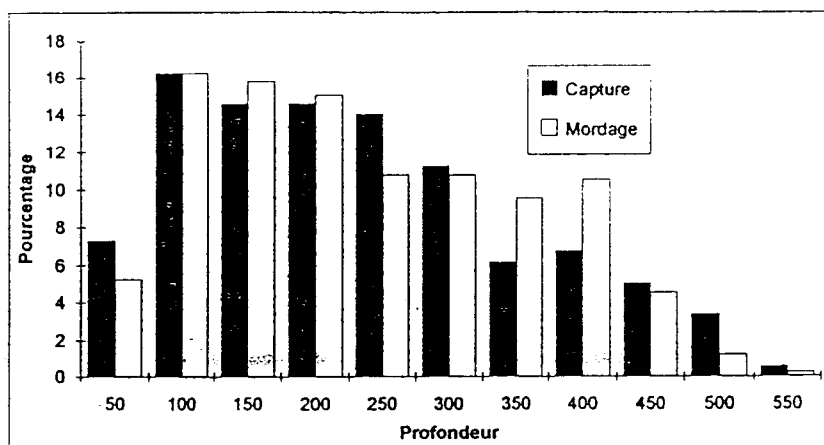


Figure 32. - Captures et mordages en fonction de la profondeur.

5.2.5. Conclusion

L'analyse des prises montre une nette variation temporelle du taux de capture au sein de la période d'échantillonnage. L'aube et la fin de l'après-midi correspondent à des périodes à taux élevé de captures. Néanmoins, le protocole d'échantillonnage ne nous permet pas d'expliquer ce résultat en terme de causalité. En effet, ces deux périodes correspondent aux heures de filage et de virage de la ligne et on ne peut donc identifier quelles sont les contributions respectives du mouvement de la ligne et de l'activité alimentaire dans l'explication de l'augmentation des prises durant ces deux périodes.

Pour aider à l'interprétation, des pêches supplémentaires doivent être entreprises entre 16h et 7h afin de réaliser un cycle complet sur 24 h dans chacun des archipels de Polynésie.

Dans l'hypothèse d'une influence nulle du mouvement de la ligne, les résultats sont en accord avec les connaissances des pêcheurs, qui posent leur palangre très tôt le matin et la relèvent le soleil couchant. Si les résultats obtenus sont confirmés par des pêches supplémentaires réalisées de jour et de nuit dans les différents archipels de la Polynésie, une pêche plus sélective pourrait être envisagée pour les thons en fonction des heures de filage. Dès 0h et jusqu'à 13h pour le germon et le thon jaune, à partir de 12h pour le thon obèse.

5.3. Répartition géographique de espèces

Afin d'étudier la répartition géographique des espèces ou plutôt l'effet station sur la présence ou non d'une espèce, une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) centrée réduite à été réalisée à l'aide du progiciel STAT-ITCF. Le "centrage-réduction" permet d'affecter un même poids aux lignes de la matrice étudiée, il s'agit dans notre cas d'éliminer le facteur "effectif" dans l'analyse.

Réalisée sur 22 stations (fig. 33), 4 stations sur les 26 effectuées n'ayant pas eu de captures de thon, cette analyse permet de séparer distinctement les trois espèces (fig. 34).

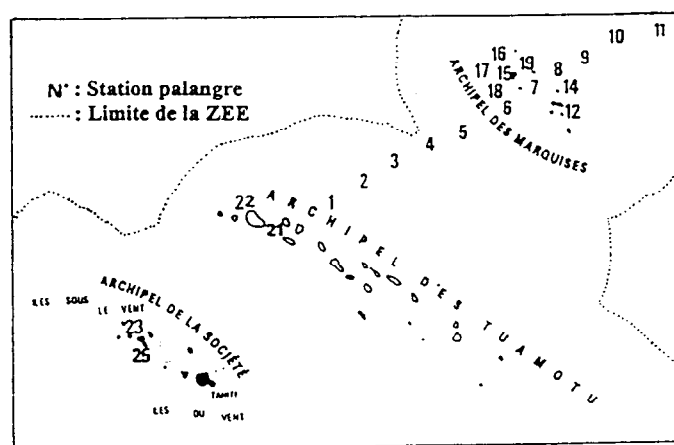


Figure 33 - Position des 22 stations de pêches expérimentales de la campagne ECOTAPP utilisées pour l'Analyse Factorielle des Correspondances.

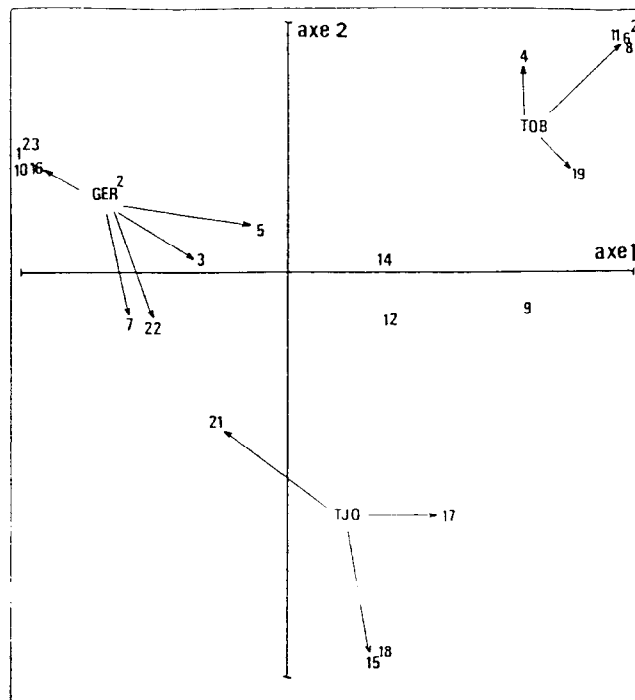


Figure 34. - Résultats de l'Analyse Factorielle des Correspondances (plan factoriel 1-2) de la matrice des captures des 3 espèces de thons associées à 22 stations de pêches expérimentales.

Les axes factoriels 1 et 2 expliquent respectivement 51.2 % et 35.7 % de la variance totale de l'information contenue dans la matrice étudiée.

Le thon obèse est un bon descripteur des stations des Marquises. Le germon se retrouve des Tuamotu aux Marquises. Le thon jaune se distingue à nouveau par l'absence d'une forte corrélation avec des variables, seul 3 stations des Marquises et une des Tuamotu lui sont associées. Ces résultats sont en accord avec la répartition géographique des espèces données par CHABANNE *et al.* (1993).

5.4. Facteurs explicatifs de la variabilité des prises de thon

L'étude de la dépendance ou la correspondance entre plusieurs variables inscrites dans un tableau de contingence peut être réalisée à partir d'une méthode élaborée à cette fin, l'Analyse Factorielle des correspondances (BENZECRI, 1979)

Les quatre variables explicatives des prises considérées dans l'analyse, à savoir la profondeur, la température, la période et l'heure de pêche ont été décomposées en classes dont le descriptif se trouve dans le *tableau 10*.

Cette décomposition en classe conduit à la constitution de 16 "objets" (lignes de la matrice étudiée). Les descripteurs (colonnes de la matrice) sont les trois espèces de thon : le germon (GER), le thon jaune (TJO) et le thon obèse (TOB).

Tableau 10. - Descriptif des classes et abréviations utilisées.

Abréviations	Descriptif
50	classe de profondeur de 0 à 100 mètres
150	de 100 à 200 mètres
250	de 200 à 300 mètres
350	de 300 à 400 mètres
450	de 400 à 500 mètres
12	classe de température moins 14°C
17	de 14 à 19°C
22	de 19 à 24°C
27	de 24 à 29°C
32	de 29 à 34°C
MVT	capture sur les hameçons en mouvement, à la descente et à la remontée
REP	capture sur les hameçons au repos
J	capture réalisée de jour, entre 8h et 16h
N	capture réalisée de nuit, entre 19h et 6h
A	capture réalisée à l'aube entre 6h et 8h
C	capture réalisée au crépuscule entre 16h et 18h

Les traitements ont été réalisés à partir du progiciel STAT-ITCF. Les deux axes factoriels choisis n'expliquent que 27,8 % de la représentation des points dans le plan factoriel (respectivement 17,5 % et 10,3 %). Les points objets les mieux représentés sont les classes 350 mètres et 12°C dont les contributions relatives à l'inertie expliquée par l'axe 1 sont respectivement 18,1 % et 32,5 %. Sur l'axe 2, le seul point objet C (crépuscule) a une contribution de 56,6 % (fig. 35).

Pour les points colonnes, le thon obèse participe à 74,6 % de l'inertie sur l'axe 1 et le thon jaune à 66 % de l'inertie sur l'axe 2.

En conséquence les prises de thon obèse seraient plus fréquentes pour les fortes profondeurs (synonyme de faible température puisque les variables températures et profondeurs sont colinéaires) et celles du thon jaune plus fréquentes au crépuscule.

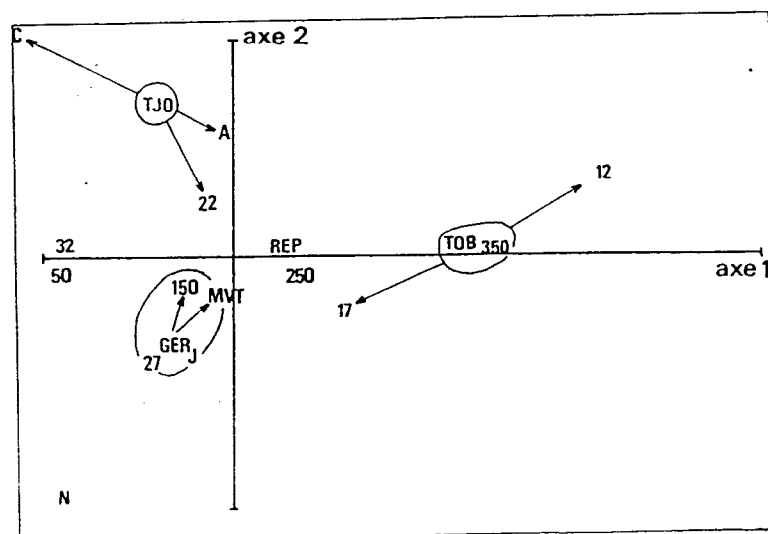


Figure 35. - Résultats de l'Analyse Factorielle des Correspondances des classes des variables explicatives des prises des 3 espèces de thon.

5.5. Discrimination des prises par espèces

L'ensemble des résultats des analyses des captures des 3 espèces de thon durant la campagne ECOTAPP montrent que certaines caractéristiques se dégagent quand à l'interprétation de ces prises en regard de certaines variables explicatives telles que les stations, la profondeur, la température et l'heure de pêche.

A cette interprétation essentiellement descriptive des prises, on se propose maintenant d'y ajouter un caractère discriminant. Le premier objectif est de séparer "x" groupes parmi "n" points objets à l'aide de "p" variables, et d'évaluer la qualité de cette discrimination. Le second objectif consiste à classer les points objets dans les groupes à partir du calcul de leur probabilité d'appartenance à chacun de ces groupes, et d'estimer l'erreur de classement associée. La méthode d'analyse qui présente ce double objectif est l'Analyse Factorielle Discriminante (AFD). Cette analyse a été réalisée pour les 92 individus des 3 espèces de thon (92 points objets et 3 groupes) à partir de 5 variables discriminantes (heure, profondeur, température, station et période de pêche).

Les traitements ont été réalisés à l'aide du Progiciel STAT-ITCF.

5.5.1. Analyse globale

Dans un premier temps, l'examen des résultats de la diagonalisation nous permet de juger de l'intérêt d'une telle analyse (*tabl. 11*). La valeur la plus forte du pseudo-F est supérieure à la valeur la plus forte du F de Fisher permettant de tester l'homogénéité des groupes pour chaque variable prise séparément pour un couple de degrés de liberté égal à $(x-1)/n-1$, soit $2/89 = 15,24$.

Ceci montre d'une part que 3 groupes sont bien identifiés et que la combinaison linéaire entre les variables discriminantes contribuent à une meilleure discrimination, d'où l'intérêt de l'AFD.

Tableau 11. - Résultat de la diagonalisation et étude par variable.

(x : nombre de groupes = 3)

(n : nombre d'individus = 92)

Axe	Inertie	Pseudo F	Wilks	ddl	Proba(%)	Corrél.
1	46,6 %	21,2	44,1	10	0	0,32
2	12,5 %	5,6	10,2	4	3,6	0,11

Variables	F(x-1/n-x)	Probabilité %
Période	0,66	52,64
Station	5,07	0,83
Heure	1,07	34,69
Profondeur	13,93	0
Température	15,24	0

Le plan factoriel 1-2 permet d'expliquer 60 % de l'information de la matrice des données, la variance sur chaque axe discriminant étant respectivement de 47,6 % et 12,5 % (valeurs de l'inertie dans le *tableau 11*).

Le calcul des distances de Mahalanobis nous confirme que les deux espèces les plus distinctes sont le thon obèse et le germon (1,33), suivies par le thon obèse et le thon jaune (1,2) et le germon et le thon jaune (0,94).

La matrice des corrélations entre les variables (*tabl. 12*) montre que la température et la profondeur sont colinéaires (coefficient de Pearson = -0,95). Cependant ces deux variables ont été retenues pour l'analyse dans la mesure où les signes de leur corrélation avec la période, la station et l'heure sont inverses (positif pour la profondeur et négatif pour la température). Le maintien de ces 2 variables dans l'analyse permet de mieux faire apparaître l'influence des autres 3 variables.

Les analyses réalisées avec l'élimination de la profondeur d'une part et de la température d'autre part confirment ce résultat. On montre que dans chacun des cas le plan factoriel n'explique que 48 % de la variabilité, valeur analogue à la variabilité expliquée par le seul axe 1 lorsque profondeur et température sont retenues.

Tableau 12. - Matrice des corrélations entre variables.

	Per	Sta	Heu	Pro	Tem	
Per	1					Per = Période de pêche
Sta	-0,17	1				Sta = Station
Heu	0,67	-0,42	1			Heu = Heure de capture
Pro	0,06	0,04	0,05	1		Pro = Profondeur de capture
Tem	-0,04	-0,05	-0,01	-0,095	1	Tem = Température

Le cercle de corrélation des variables sur les axes discriminants montre que l'axe 1 est bien expliqué par les variables **Tem**, **Pro** et **Sta** et l'axe 2 par les variables **Sta** et **Heu** (*fig. 36*).

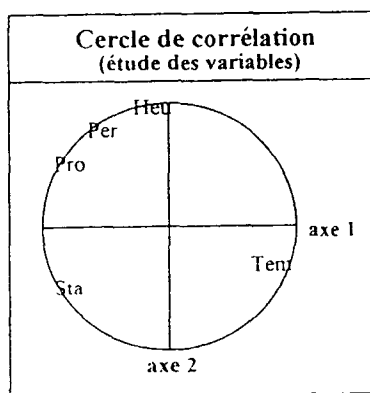


Figure 36. - Cercle des corrélations des variables sur les axes discriminants.

Le plan factoriel 1-2 nous permet une représentation synthétique des résultats, le centre de gravité de chacun des groupes est représenté par son abréviation. Les individus isolés, sont des individus pêchés de nuit à de faibles profondeurs. Le groupe thon obèse est corrélé à la profondeur et à la station, les germons au contraire sont en relation avec la température. Le groupe thon jaune, se répartit le long de l'axe 1 (*fig. 37*).

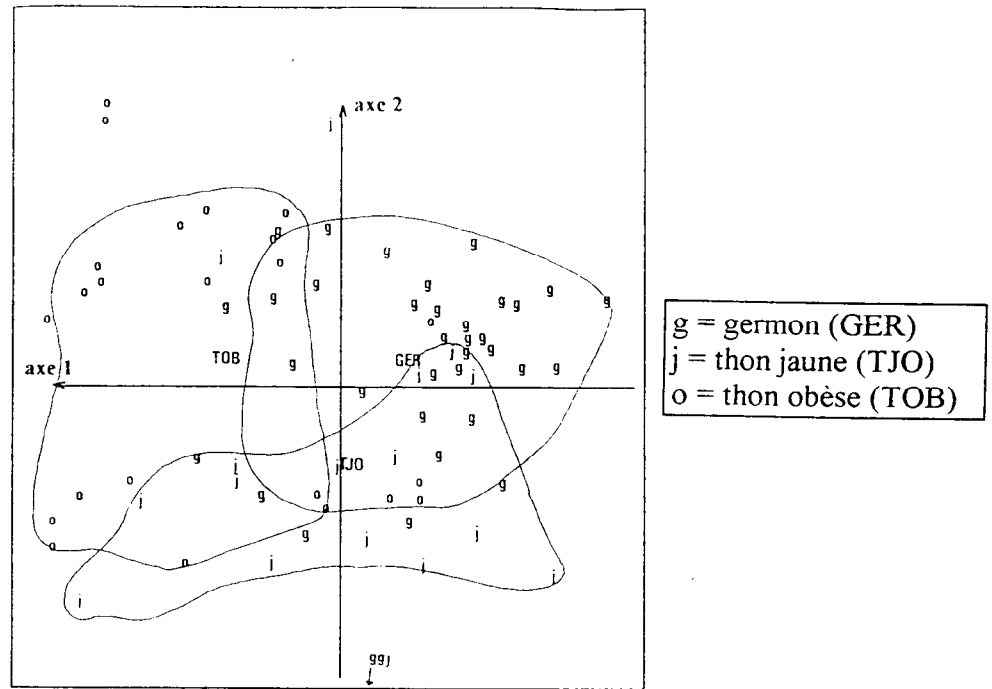


Figure 37. - Représentation des individus dans le plan factoriel 1-2 défini par les axes discriminants.

Le tableau d'appartenance (*tabl. 12*), nous permet de reclasser les individus dans les groupes auxquels ils correspondent le mieux. Les taux de bon classement sont de 79,5 % pour le germon, 45,8 % pour le thon jaune et 55,2 % pour le thon obèse. Le taux de classement du germon tient à la part importante jouée par l'axe 1 dans la représentation factorielle des individus de ce groupe. Pour les deux autres espèces, cela montre que les variables discriminantes choisies ne permettent de classer que 50 % des individus. Ainsi, les réponses de 50 % de ces individus aux conditions océanographiques (profondeur et température), géographiques (station) et de pêche (période et heure de pêche) sont proches.

Tableau 12. - Tableau d'appartenance des individus capturés.

Groupes	Germon	Jaune	Obèse
Germon	31	6	10
Jaune	5	11	3
Obèse	3	7	16

(en ligne : groupe d'appartenance)
(en colonne : groupe d'affectation)

5.5.2. Classification automatique des individus indéterminés

Connaissant pour chaque mordage, sans capture, les variables température, profondeur, heure, période et station, nous avons tenté une classification probabiliste grâce au tableau d'appartenance (*tab. 13*).

Tableau 13. - Tableau d'appartenance.

Groupes	Germon	Jaune	Obèse	mordages
Germon	32	6	6	3
Jaune	5	9	2	3
Obèse	3	4	16	3
mordage	58	60	78	126

(en ligne : groupe d'appartenance)
(en colonne : groupe d'affectation)

Sur les 332 mordages, 18 % sont classés dans le groupe thon germon, 18 % pour le groupe thon jaune et 24 % pour le groupe thon obèse, 40 % ne sont pas classés dans l'un des groupes. Ces résultats sont cependant à prendre avec précaution puisque le pourcentage d'erreur de classement reste très important, 20,5 % pour le germon, 54,2 % pour le thon jaune, 44,8 % pour le thon obèse.

5.6. Discussion

Au total 24 espèces différentes ont été capturées, 20 sur des lignes équipées d'horloge d'hameçon. Le thon jaune, le thon obèse, le germon et les requins sont les espèces les plus représentées. Les rendements obtenus lors de cette campagne sont très satisfaisants puisqu'ils sont équivalents à ceux obtenus par les professionnels, le pourcentage de thon obèse étant même supérieur (30 % des prises de thon). De meilleurs résultats auraient peut être été possibles avec des appâts de taille inférieure.

La profondeur (donc la température) est la variable la plus explicative des prises de thon obèse. Une pêche plus sélective pourrait donc être entreprise en tenant compte, de la profondeur de pêche, de l'heure et de la position géographique.

Le thon jaune et le germon sont deux espèces possédant des exigences écologiques proches. Ces résultats sont en accord avec la littérature, si ce n'est que les profondeurs de captures observées lors de cette mission restent faibles. Cela tient probablement au fait que les profondeurs de captures des thons profonds à la palangre dérivante étaient jusqu'à présents calculées par le modèle de YOSHARA (1951, 1954). Cette expression mathématique ne tient pas compte de l'influence du courant et les profondeurs calculées sont alors surestimées (BUAT, 1990).

Le thon jaune est l'espèce la plus ubiquiste, puisqu'elle n'est pas fortement corrélée à l'une ou l'autre des variables descriptives de l'environnement du poisson (température et profondeur).

Les quelques individus capturés de nuit, principalement des germons, l'ont été à des profondeurs inférieures à la moyenne. Ceci peut être dû à un comportement alimentaire spécifique. Trop peu de pêches de nuit ont été réalisées pour le confirmer.

Les pics de mordages et captures à l'aube et en fin d'après-midi peut être le résultat de deux phénomènes :

- soit le mouvement des hameçons puisque ces périodes sont aussi celles du filage et du virage ;

- soit un comportement d'agressivité accrue à cette période de la journée face à l'appât. Pour associer ces pics à un comportement alimentaire l'étude des contenus stomacaux doit être réalisée.

Les résultats des analyses multivariées montrent que les variables température, profondeur et station expliquent relativement bien les captures des individus des différentes espèces, elles participent à un taux de discrimination variant de 45 % (thon germon) à 75 % (pour le thon obèse).

Ces résultats ne sont que préliminaires compte tenu du volume réduit des données. D'autres variables telles que la taille des individus et le sexe permettront peut-être de mieux discriminer les groupes spécifiques et conduire à une meilleure interprétation des résultats en terme de capturabilité.

6. LA PECHE PALANGRIERE PROFESSIONNELLE

6.1. Résultats des expériences réalisées lors des embarquements

Réalisés entre avril et octobre 1994, 3 embarquements sur des palangriers de 16 à 20 mètres ont permis d'initier une étude sur l'utilisation de la palangre profonde monofilament par les professionnels.

En effet, chaque bateau possède ses propres tactiques de filage (nombre d'hameçons par élément, vitesse de filage, vitesse du lanceur de ligne, longueur des avançons, ...), mais ils ont tous en commun l'incertitude quand à la profondeur atteinte par leur palangre. C'est dans ce but que plusieurs expérimentations ont été effectuées, en accord avec les pêcheurs, afin de dégager les éventuelles relations qui existent entre les modes de filage, le gréement de la palangre et la profondeur maximum atteinte par les hameçons.

6.1.1. Modélisation de la forme de la palangre

6.1.1.1. Elaboration de nouvelles courbes types

Au cours de ces embarquements, deux lignes ont été instrumentées avec trois modules Micrel, placés respectivement au tiers, au deux tiers et à l'extrémité d'un demi élément. Les caractéristiques de filage et le gréement de la palangre sont :

- vitesse du bateau : 7 noeuds ;
- vitesse du lanceur de ligne : conduisant à une tension de la ligne après 4 secondes (§ 6.1.2., p 61) ;
- nombre d'hameçon par élément : 35.

Pour chaque élément plusieurs courbes types sont tracées sur papier millimétré à partir des profondeurs enregistrées à des heures différentes par les modules Micrel (*annexe 9*). Le modèle asymptotique simple a été ajusté à ces données. Ces ajustements conduisent à de nouvelles estimations des valeurs des paramètres **Pinf** et **k** du modèle.

6.1.1.2. Relation Pinf-rapport de courbure

Comme pour les résultats de la modélisation résultant des pêches expérimentales de la campagne ECOTAPP (§ 4.4.7.1., p 37), une relation entre la variable **Pinf** et le rapport de courbure (demi-distance entre les bouées / profondeur maximale) est recherchée.

Compte tenu du faible nombre de couples de valeurs **Pinf** et **k** obtenus lors des embarquements, les données issues des pêches expérimentales ont été ajoutées pour la recherche de la relation entre ces 2 variables. Le modèle associé à la plus forte valeur du coefficient de corrélation de Pearson est de la forme puissance et son expression est : $[Pinf = r^a * b]$ ($a = -1,13689$; $b = 491,3944$), où $r = 1/2$ distance entre les bouées / profondeur max. Cette modélisation est effectuée pour une distance entre bouées comprise entre 700 et 800 mètres (*fig. 38*).

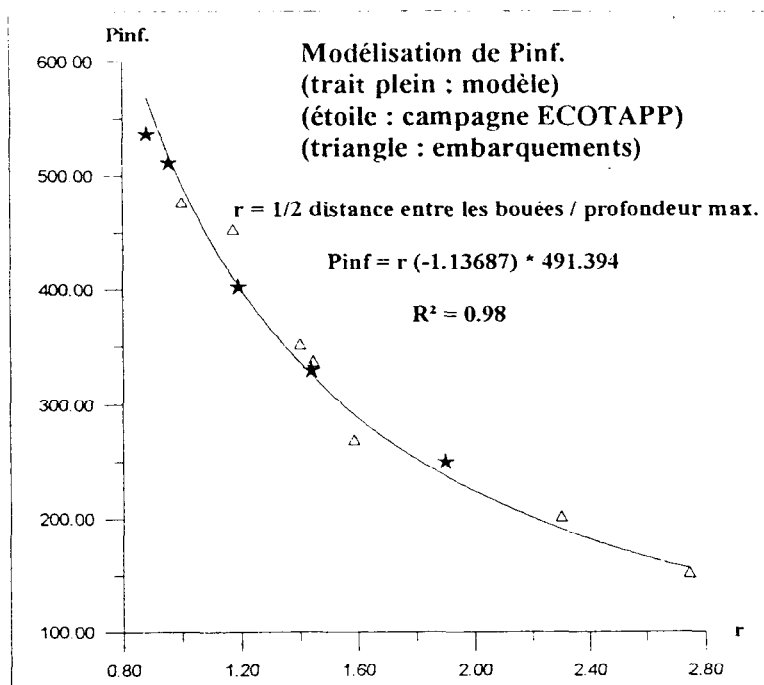


Figure 38.- Modélisation de P_{inf} , campagne ECOTAPP et embarquements.

6.1.1.3. Relation k - demi-distance entre les bouées

Contrairement aux résultats des pêches expérimentales, pour les pêches professionnelles une relation linéaire entre k et la profondeur maximum atteinte par la palangre (§ 4.4.7.2., p. 38), n'est pas adaptée aux nouvelles valeurs de k obtenues lors des embarquements (fig. 39).

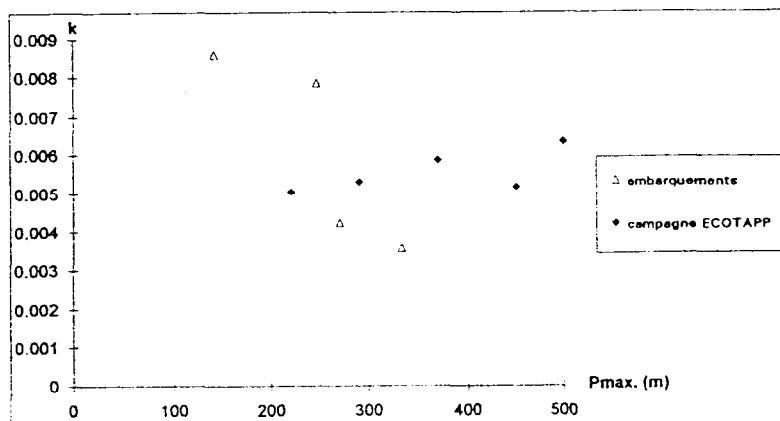


Figure 39.- Relation entre le paramètre k et la profondeur maximale atteinte par la palangre.

Dans le modèle asymptotique, la valeur du paramètre k détermine la forme de la palangre dans l'eau. Ainsi, pour une valeur de P_{inf} constante plus la valeur de k est grande plus la courbure de la palangre est importante (fig. 40).

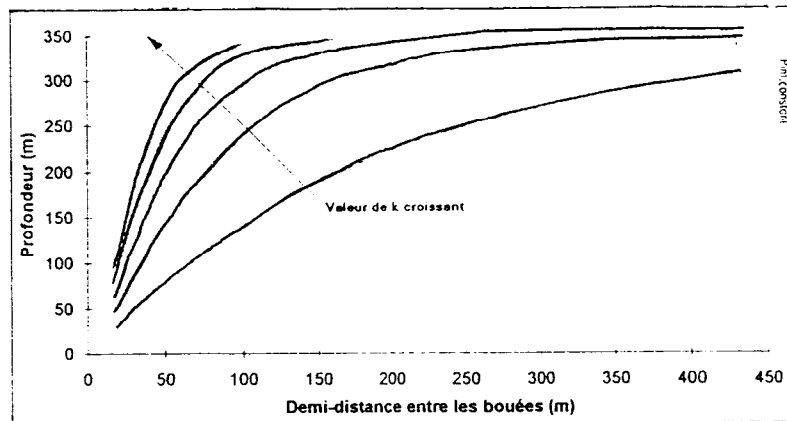


Figure 40. - Influence du paramètre k sur courbure de la palangre.

Quand l'engin de pêche a été filé, la force du courant et la méthode de filage (et en particulier la vitesse du bateau) sont les deux composantes qui déterminent la valeur du paramètre k .

Lors de la mission ECOTAPP les conditions de pêche (vitesse du bateau, vitesse du lanceur, ...) étaient parfaitement standardisées alors que les stations de pêche se répartissaient sur l'ensemble de la Z.E.E. On peut alors penser que la valeur du paramètre k est uniquement un indicateur de la force du courant.

Pour les embarquements, les stations où se sont effectuées les expérimentations se situent toutes dans le même secteur géographique ($14^{\circ} 50'$ de Latitude sud; $147^{\circ} 50'$ de Longitude ouest), par contre les conditions de pêche sont plus variables (cadence de pêche élevée, équipage non scientifique, ...). La valeur du paramètre k semble plus un indicateur de la méthode de filage.

Ceci peut expliquer en partie l'hétérogénéité des résultats obtenus pour k entre la mission ECOTAPP et les embarquements. De plus, les palangres professionnelles sont plombées à 60 grammes au niveau de chaque "snap", ce qui peut avoir une influence sur la forme de la palangre.

6.1.2. Les tactiques de filage et les profondeurs de pêche

Le filage de la palangre peut se réaliser en fonction de deux variables qui sont la vitesse du bateau et celle du lanceur. En général chaque bateau file sa ligne très rapidement, c'est à dire entre 6 et 10 noeuds. Le lanceur permet de dérouler plus de ligne que le bateau n'a parcouru de distance. Le capitaine règle la vitesse du lanceur au début de chaque journée de pêche. Pour cela il pince le nylon à la sortie du lanceur et attend x secondes avant la tension de la ligne.

Tous les lanceurs ne sont pas équipés d'un compte tour permettant de connaître la distance de ligne filée par unité de temps. Par conséquent, la vitesse du lanceur ne peut être estimée que par le mou donné à la ligne. Cependant ce "mou" est également fonction de la vitesse du bateau.

Prenons comme exemple un bateau filant à 5 noeuds avec 4 secondes de mou, imaginons que la distance de ligne filée, par le lanceur, soit de 2 m/s. Si le bateau file maintenant à 7 noeuds et que le lanceur soit réglé pour conserver 4 secondes de mou, la distance de ligne filée sera alors supérieure à 2 m/s puisqu'à 7 noeuds, 4 secondes de mou représentent une distance de ligne plus importante. Un mou de 4 secondes à 5 ou 7 noeuds ne correspond donc pas à une vitesse de lanceur identique.

En conclusion, le mou donné à la ligne est le résultat du rapport entre la vitesse du bateau et celle du lanceur.

Pour le gréement de l'engin, le patron de pêche peut faire varier, le nombre d'hameçons par élément et donc la longueur des éléments, la distance entre les hameçons, la longueur des avançons et des orins de bouées.

Les distances entre les hameçons sont déterminées soit approximativement, soit par un signal sonore placé sur le lanceur. Dans la plupart des cas, les "snaps" sont accrochés dès que l'hameçon est appâté, ce qui demande de 3 à 6 secondes.

Les essais réalisés ne couvrent pas toutes les alternatives envisageables mais ils s'inscrivent dans le domaine d'activité des bateaux (*tabl. 14a et 14b*).

Tableau 14a. - Caractéristiques des tactiques de filages relevées lors des embarquements pour un mou de 4 secondes.
(la valeur du tableau = nombre d'essais)

Nombre d'hameçons par élément	Vitesse du bateau	
	5 Noeuds	7 Noeuds
20	1	1
25		1
30	1	
35		3
40	1	
45		1
50		1

Tableau 14b. - Caractéristiques des tactiques de filages relevées lors des embarquements pour une vitesse de 7 noeuds.
(la valeur du tableau = nombre d'essais)

Nombre d'hameçons par élément	mou donné à la ligne		
	4 secondes	5 secondes	6 secondes
20	1		1
25	1	1	
30			1
35	3	3	
40			1
45	1	1	
50	1		

6.1.2.1. La vitesse du bateau

Plusieurs éléments ont été filés à des vitesses de 5 et 7 noeuds, à chaque fois des gréements différents ont été réalisés avec un nombre d'hameçons compris entre 20 et 50. Le mou donné à la ligne est toujours de 4 secondes. Les profondeurs maximales atteintes par les divers éléments de la palangre sont enregistrées grâce à 5 modules Micrel.

Malgré le faible effectif de l'échantillon étudié, les résultats obtenus (*figure 41*) indiquent que pour un même mou donné à la ligne et un nombre d'hameçons identique, la profondeur maximale atteinte par la palangre est d'autant plus importante que la vitesse du bateau est faible. Nous savons que la distance de ligne filée est une fonction multiple de la vitesse du lanceur et de celle du bateau. Ceci semble indiquer que la valeur du rapport, distance parcourue par le bateau / distance de ligne filée, est inversement proportionnelle à la profondeur maximale atteinte par la palangre.

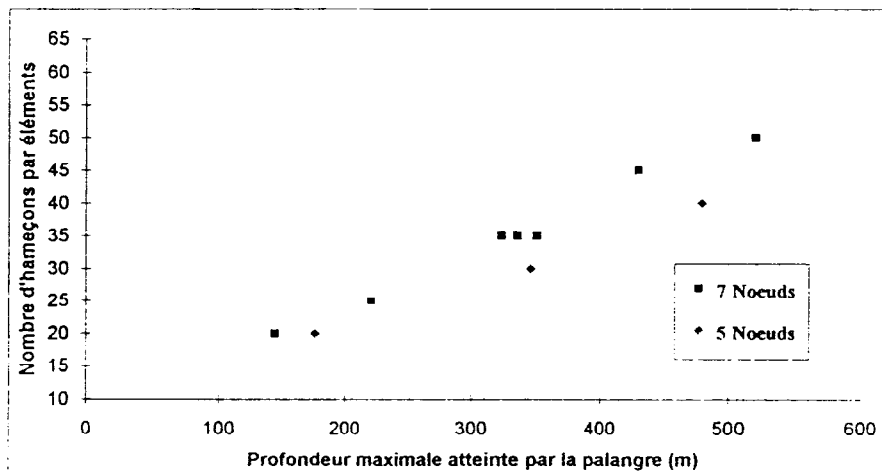


Figure 41. - Profondeurs maximales atteintes par la palangre en fonction du nombre d'hameçons par élément pour 2 vitesses de filage.

6.1.2.2. La vitesse du lanceur

Dans les conditions de cette expérience, la vitesse du bateau est constante (7 noeuds), les variations de mou donné à la ligne n'expriment donc que les variations de la vitesse du lanceur.

Différents essais ont été réalisés avec une vitesse de lanceur, variable. Les profondeurs maximales atteintes par les éléments de la palangre sont enregistrées par des modules Micrel (*fig. 42*). Quand la vitesse du lanceur augmente, la profondeur maximum atteinte par la palangre s'accroît rapidement.

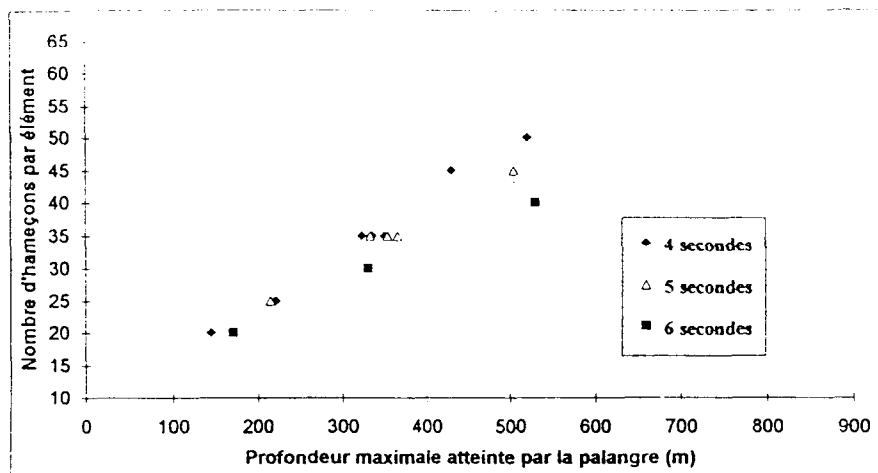


Figure 42. - Profondeurs maximales atteintes par la palangre en fonction du nombre d'hameçons par élément et du mou donné à la ligne.

6.1.3. Influence du courant

Le courant joue un rôle non négligeable sur le comportement de l'engin de pêche. Nous l'avons déjà évoqué (§ 4.4.2., p.20), le courant courbe la ligne dans le plan horizontal ce qui a pour conséquence de réduire la profondeur de pêche des hameçons situés au centre de l'élément. Cela s'observe bien sur les graphes réalisés à partir des données enregistrées, lors de la campagne ECOTAPP et des embarquements, par les profondimètres TDR et Micrel (fig. 43). L'élément atteint d'abord sa profondeur maximum, puis, après un laps de temps plus ou moins important, la ligne remonte brusquement sous l'effet du courant. Le phénomène inverse s'observe également. Dans les deux cas on observe deux paliers distincts.

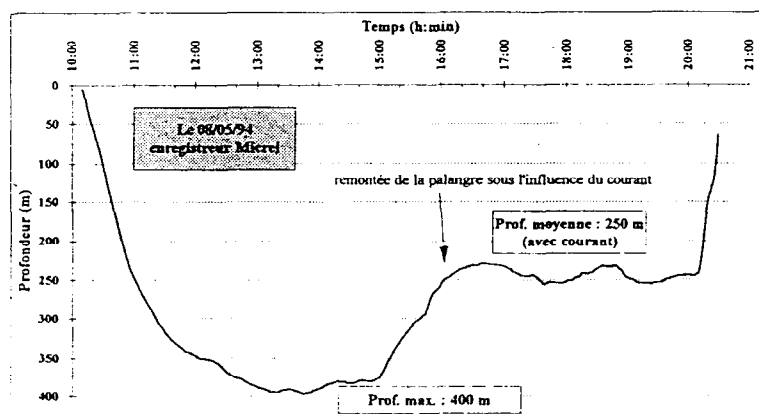


Figure 43. - Profondeur maximale de la palangre en fonction du temps, influence du courant.

En utilisant tous les résultats obtenus lors des embarquements, nous avons pu constater que l'influence du courant sur la ligne peut être très importante. Pour rendre compte de ce phénomène nous avons défini l'influence du courant (IC) sur la palangre comme le rapport, exprimé en pourcentage, entre la profondeur moyenne en présence de courant et la profondeur maximum atteinte par la palangre (fig. 44).

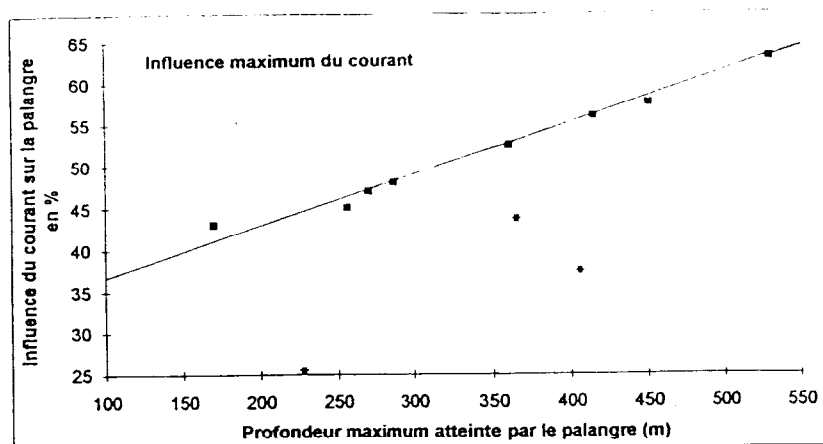


Figure 44 - Influence du courant sur la profondeur atteinte par la palangre.
(* = courant faible)

Sur l'ensemble des mesures obtenues pour les palangres subissant l'influence du courant, trois points ont été ignorés pour l'analyse, car ils sont associés à un courant faible. Les autres observations montrent que l'influence du courant est proportionnelle à la profondeur maximale atteinte par la palangre en l'absence de courant. Cet effet maximal est associé à une droite de pente positive.

6.1.4. Les vitesses de chute de la palangre

Si pour la pêche du thon à la senne tournante coulissante la vitesse de chute de l'engin de pêche est l'un des facteurs déterminant le piégeage du banc, il en est tout autrement pour la palangre profonde monofilament.

La vitesse de chute des hameçons est ici liée à la "période de pêche" (§ 5.2.3., p.47). Pour une vitesse de chute élevée, la période d'instabilité (hameçons en mouvement) est réduite, au contraire, la période de stabilité (hameçons au repos) est agrandie. Hors, nous l'avons montré précédemment, la période de pêche n'est pas sans incidence sur le nombre et la nature des captures.

6.1.4.1. Vitesse de filage et mou donné à la ligne

Toujours à partir des données enregistrées par les modules Micrel lors des embarquements, le calcul des vitesses de chute, en mètres par secondes, est réalisé pour un pas de temps de 10 minutes. Sur la *figure 45* les vitesses de chute sont représentées pour 2 vitesses de filage (5 et 7 noeuds), quand à la *figure 46* les vitesses sont calculées pour un mou donné à la ligne de 4 à 6 secondes et une vitesse du bateau de 7 noeuds. Dans les deux cas, le nombre d'hameçons est de 35.

Figure 45. - Vitesse de chute de la palangre pour deux vitesses de filages.
(4 secondes de mou et 35 hameçons)

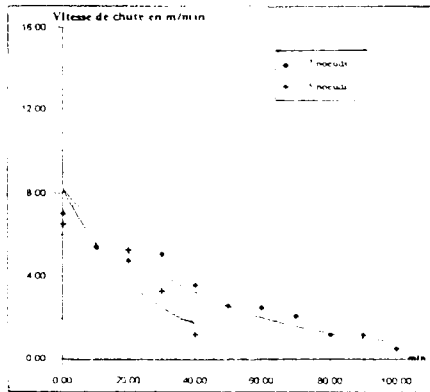
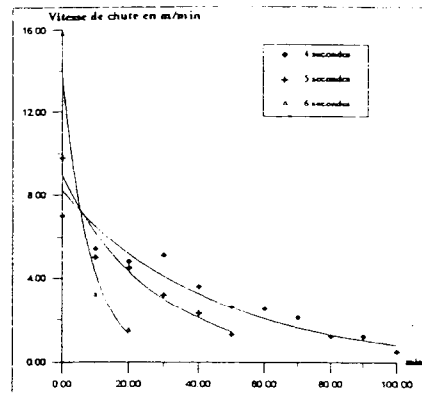


Figure 46. - Vitesse de chute de la palangre pour différents "mous" donnés à la ligne.
(vitesse de filage 7 noeuds et 35 hameçons)



On observe logiquement que les vitesses de chute initiales croissent avec la vitesse du lanceur (*fig. 46*), par contre la vitesse du bateau semble sans effet (*fig. 45*). Quand à la durée de la période d'instabilité elle est multipliée ou divisée par deux quand on augmente ou diminue le mou donné à la ligne d'une seconde (100 minutes pour 6 secondes, 50 pour 5 secondes et 25 pour 4 secondes).

6.1.4.2. Nombre d'hameçons par éléments

En faisant varier le nombre d'hameçons par élément (*fig. 47 et 48*) pour des vitesses de filage et de lanceur données, on constate que le nombre d'hameçons joue un rôle bien moins important que la vitesse du lanceur sur la vitesse de chute initiale de la palangre.

Figure 47. - Vitesse de chute de la palangre pour un nombre d'hameçons différents.
(4 secondes de mou et vitesse de filage : 7 noeuds)

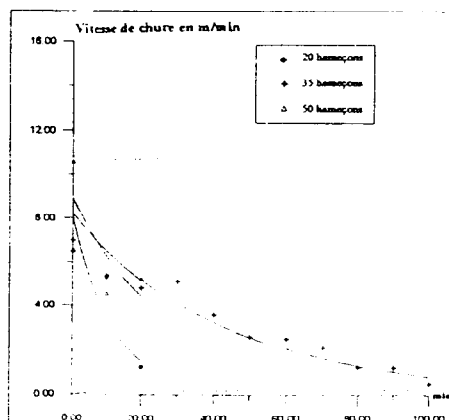
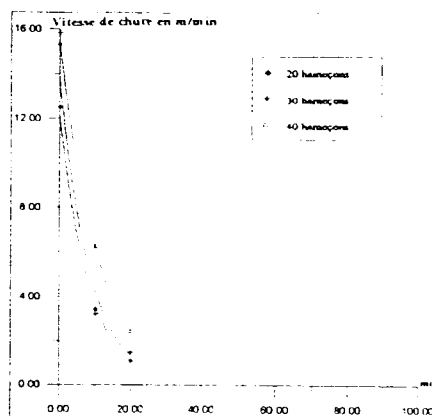


Figure 48. - Vitesse de chute de la palangre pour un nombre d'hameçons différents.
(6 secondes de mou et vitesse de filage : 7 noeuds)



6.2. Introduction à l'élaboration d'un ouvrage didactique à l'usage des professionnels

Rappelons que l'intérêt de ce travail tient principalement aux besoins actuels des professionnels polynésiens en matière de stratégie de pêche et de comportement de l'engin de pêche. Il est en effet indispensable que les professionnels maîtrisent le plus rapidement possible leur outil de travail. Les embarquements réalisés ont permis de mieux juger de leurs besoins et de réfléchir à ce que pourrait être un ouvrage didactique qui leur serait destiné.

Nous reprenons ci-dessous les tendances présentées précédemment et nous essayons de dégager quelques idées pour ce qui pourrait être le contenu d'un tel document.

6.2.1. Modélisation des tendances présentées précédemment

6.2.1.1. La vitesse du bateau

La profondeur maximum atteinte par la palangre en fonction du nombre d'hameçons et de la vitesse du bateau est modélisable sous forme d'une droite de régression (fig. 49). Deux droites sont obtenues, leurs équations sont respectivement :

- $P_{max} = a(n) + b$ pour une vitesse de 7 noeuds ($a = 11,89$; $b = -84,37$) ;
- $P_{max} = a(n) + b$ pour une vitesse de 5 noeuds ($a = 10,6$; $b = -34$).

$n =$ nombre d'hameçons

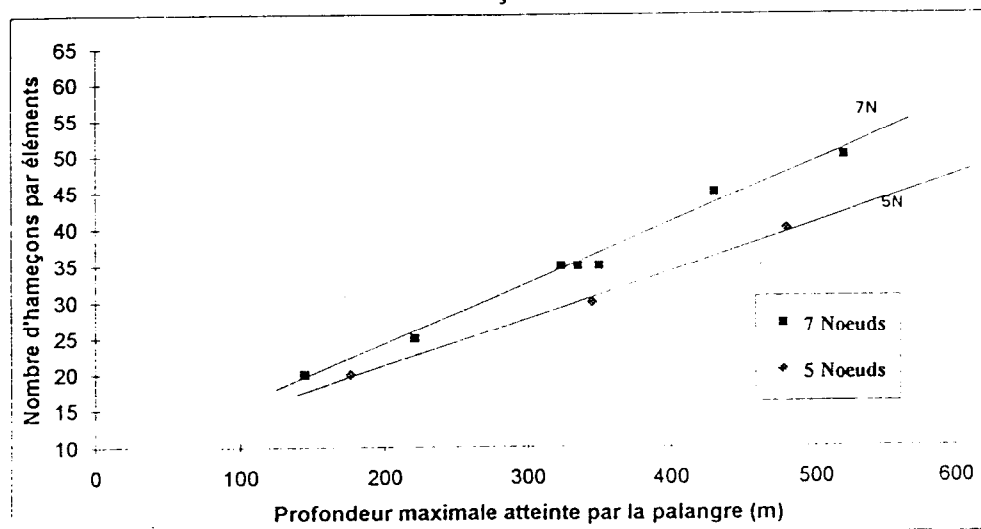


Figure 49. - Profondeurs maximales atteintes par la palangre pour un mou donné à la ligne de 4 secondes.

En utilisant ces résultats, des profondeurs maximales peuvent être calculées pour des vitesses de filage de 5 et 7 noeuds, un lanceur réglé à 4 secondes de mou et un nombre d'hameçons croissant (tabl. 15).

Tableau 15. - Profondeur maximale atteinte par la palangre pour un mou donné à la ligne de 4 secondes.
(précision : 10 mètres)

	Nombre d'hameçons par élément									
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
5 Noeuds	140	190	250	300	360	410	470	530	580	
7 Noeuds	200	230	280	340	390	440	500	550	600	

6.2.1.2. Le mou donné à la ligne

A partir des profondeurs maximales obtenues pour des "mous" de 4 à 6 secondes, une droite de régression est ajustée (fig. 50).

$$P_{\max} = a(n) + b \quad \text{pour un mou de 4 secondes}$$

$$(a = 11,89 ; b = 84,37)$$

$$P_{\max} = a(n) + b \quad \text{pour un mou de 5 secondes}$$

$$(a = 14 ; b = 133,4)$$

$$P_{\max} = a(n) + b \quad \text{pour un mou de 6 secondes}$$

$$(a = 18 ; b = 196,7)$$

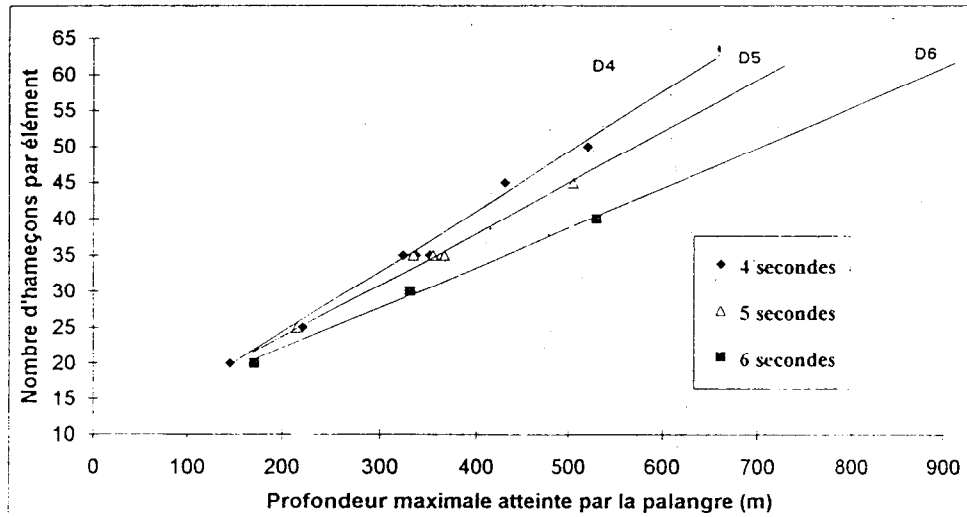


Figure 50. - Profondeurs maximales atteintes par la palangre pour une vitesse de filage de 7 noeuds.

Comme précédemment, ces régressions nous permettent de calculer les profondeurs maximum atteintes par la palangre pour une vitesse de filage de 7 noeuds et un mou de 4 à 6 secondes (tabl. 16).

Tableau 16. - Profondeur maximale atteinte par la palangre pour une vitesse de filage de 7 noeuds.
(précision : 10 mètres)

	Nombre d'hameçons par élément								
	20	25	30	35	40	45	50	55	60
4 secondes	140	190	250	300	360	410	470	530	580
5 secondes	150	220	290	360	430	500	570	640	
6 secondes	160	250	340	430	520	610			

6.2.1.3. Influence du courant

Le courant provoque une courbure de la ligne réduisant la profondeur de pêche des hameçons. Cette influence maximale est associée à une droite de régression (fig. 43, p 59):

$$P_{\max} = (IC * 17,15) - 514$$

IC = influence du courant en %

P_{\max} = profondeur maximale atteinte par la palangre

Ceci nous conduit à "moduler" les résultats obtenus à partir des différentes tactiques de pêche. Il est possible d'associer à chaque profondeur maximale une profondeur minimale susceptible d'être mesurée lorsque la palangre subit l'effet du courant (tabl. 17 et 18).

Tableau 17. - Profondeur minimale atteinte par la palangre en présence de courant pour un mou donné à la ligne de 4 secondes.
(précision : 10 mètres)

Vitesse bateau	Nombre d'hameçons par élément								
	20	25	30	35	40	45	50	55	60
5 Noeuds	80	110	140	150	170	180	190	200	210
7 Noeuds	120	130	150	170	180	190	200	200	210

Tableau 18. - Profondeur minimale atteinte par la palangre en présence de courant pour une vitesse de filage de 7 noeuds.
(précision : 10 mètres)

Mou donné à la ligne	Nombre d'hameçons par élément								
	20	25	30	35	40	45	50	55	60
4 secondes	80	110	140	150	170	180	190	200	210
5 secondes	90	120	150	170	190	200	200	200	
6 secondes	100	130	170	190	200	210			

Il est actuellement impossible pour le patron de pêche de savoir si sur la zone de pêche le courant est faible ou fort, mais ces résultats peuvent lui permettre d'estimer la variation des profondeurs de pêche de chacun des hameçons.

Les données de courantologie dans la Z.E.E. polynésienne sont actuellement très partielles et elles ne permettent pas d'identifier les courants importants au niveau régional, ainsi que leur intensité, leur direction et leur stabilité spatio-temporelle. Les travaux menés par WAUTHY (1986) sur les circulations océaniques du pacifique occidental ne font état que des courants et contre-courants équatoriaux qui ont une vitesse de 10 à 40 cm/seconde.

Des mesures fines de courantologie effectuées sur des stations de pêches expérimentales permettront de réaliser une étude précise de l'influence du courant sur la forme de la palangre et les relations entre courant et paramètres du modèle. Néanmoins, il faut savoir que ces mesures resteront assujetties aux perturbations engendrées par les courants induits par l'effet des îles et des monts sous marins.

6.2.1.4. Vitesse de chute

A partir des observations réalisées sur les vitesses de chute, différentes constatations peuvent être faites.

Afin de réduire la période de stabilité, c'est à dire réaliser une pêche où les hameçons sont en mouvement plus longtemps, il convient donc de filer avec une vitesse de lanceur réduite, et une vitesse de bateau importante.

Si le patron pêcheur veut caler sa palangre rapidement à sa profondeur maximale, pour pêcher profond et longtemps, il convient donc de filer avec un "mou" important et un petit nombre d'hameçons.

6.3. Discussion

Les données obtenues à partir des embarquements sur des palangriers de professionnels, ont permis d'étudier le comportement de l'engin de pêche dans de véritables conditions de pêche. A travers la comparaison des valeurs des paramètres du modèle asymptotique simple ajusté pour les données acquises, d'une part lors des pêches expérimentales, et, d'autre part lors des embarquements, quelques caractéristiques se dégagent.

Pour les deux séries de données P_{inf} et rapport de courbure, une même relation mathématique de type puissance ($P_{inf} = r^a * b$) est obtenue. En revanche en ce qui concerne la relation entre k et P_{max} , l'homogénéité des résultats n'est pas retrouvée, le paramètre k pouvant être associé à des descripteurs différents des conditions de pêche. Pour la campagne ECOTAPP, k serait plutôt un descripteur de l'influence du courant sur la ligne, pour les embarquements, les valeurs de k refléteraient les conditions de filage de la ligne.

Les tendances et la modélisation présentées à partir des seules données "embarquement" restent préliminaires et elles ne couvrent pas les différentes tactiques de pêche que chaque palangrier peut effectuer.

Néanmoins, elles représentent la première étude d'estimation de la profondeur maximale atteinte par la palangre en regard de la tactique de filage. Ces premiers résultats permettent aux professionnels de juger du nombre important de facteurs susceptibles d'influencer la stratégie de pêche qu'ils souhaitent mettre en oeuvre. D'autres embarquements doivent donc être réalisés afin d'étendre les mesures, à des vitesses de filage et de lanceur différentes.

Ces embarquements doivent aussi être utilisés pour identifier les grandes caractéristiques des stratégies de pêche des professionnels qui seraient reproduites lors de pêches expérimentales. En effet, ce sont durant les pêches expérimentales à bord d'un bateau océanographique que les protocoles peuvent être suivis le plus scrupuleusement sans l'introduction de biais responsables d'une trop grande dispersion des résultats. Ainsi les erreurs des estimations sont plus facilement interprétables.

Enfin, à terme, il serait envisageable de proposer un abaque directement utilisable par les professionnels. Cet abaque serait constitué d'un tableau à double entrée donnant la profondeur maximale atteinte par la palangre en fonction du nombre d'hameçon, de la vitesse du bateau et celle du lanceur. Une correction pouvant être donnée en y ajoutant la profondeur minimale en présence d'un fort courant.

CONCLUSION

La pêche au thon à la palangre dérivante monofilament reste une activité récente pour les professionnels de la pêche hauturière en Polynésie Française. Malgré les efforts financiers entrepris par les responsables politiques de la Communauté Européenne (FED¹⁴), de l'Etat (FIDES¹⁵, CORDET¹⁶) et du Territoire pour développer cette activité, la pêche aux thons de subsurface nécessite un appui technologique et scientifique.

Les recherches menées conjointement par l'EVAAM, l'IFREMER et l'ORSTOM sur les ressources thonières tentent de répondre aux interrogations suivantes : où, quand et comment ? concernant la distribution spatio-temporelle des espèces cibles de la flottille palangrière ainsi que les tactiques de pêche les mieux adaptées à leur comportement.

Aux deux premières questions, un début de réponse peut être apporté sur la base des pêches effectuées par les flottilles palangrières asiatiques opérant dans le Pacifique sud et notamment celles battant pavillon japonais et coréen dont on connaît les activités en ZEE polynésienne depuis plus de 8 ans. L'analyse des données disponibles permet une première approche de la répartition géographique des espèces mais elle n'est pas suffisante car elle ne permet pas la prise en compte des stratégies développées par les différentes flottilles et leurs variations dans le temps. Il s'avère indispensable de compléter et affiner nos connaissances sur le sujet, d'une part, en assurant un bon suivi dans le temps des activités des professionnels polynésiens, et, d'autre part, en effectuant des pêches expérimentales à des périodes différentes de l'année (été et hiver austral).

Une partie des expérimentations entreprises à bord du Navire Océanographique Alis, en 1993, et des bateaux de pêche professionnels, en 1994, a permis de donner un début de réponse à la troisième interrogation, comment ?, et des résultats intéressants ont été obtenus. Ainsi la modélisation de la forme de la palangre nous a permis de mieux connaître la profondeur de pêche de chacun des hameçons et, par voie de conséquence, d'analyser la distribution des captures en fonction de la profondeur, de la température des eaux, de l'heure de la journée, de la période de pêche ou encore de la localisation géographique. D'ores et déjà, ces éléments sont de nature à contribuer à un meilleur choix des tactiques de pêche à utiliser, non seulement pour améliorer les rendements des professionnels, mais également, pour cibler leurs captures sur des espèces correspondant à la demande du marché.

Néanmoins, de nombreuses questions restent en suspens telles que le comportement du poisson face à l'engin de pêche durant la nuit, l'influence du mouvement des hameçons pour chacune des heures de la journée, la mobilité du poisson pour la recherche de nourriture, l'influence de la taille de la palangre sur les rendements. Pour répondre à ces questions, et réduire les marges d'incertitudes dues à la faible taille des échantillons traités, d'autres missions doivent être entreprises dans les trois années à venir à l'aide d'un navire océanographique dans le cadre plus général d'un programme d'étude de la distribution et du comportement des thonidés sur l'ensemble de la ZEE de Polynésie Française.

Enfin, bien que l'importance des résultats de ces recherches sur le bon déroulement du plan de développement de la pêche en Polynésie ne soit plus à démontrer, il convient de ne pas négliger les autres composantes de la filière pêche dans son ensemble. L'état de la ressource, la recherche de nouveaux marchés à l'exportation, l'amélioration de la qualité des produits, les marchés locaux, la relance de la pêche artisanale et la formation des équipages constituent autant d'enjeux (entre autres) qui contribuent à la réussite de l'entreprise

14 - Fonds Européen pour le Développement

15 - Fonds d'Intervention pour le Développement Economique et Social

16 - Commission de Coordination de la Recherche dans les Départements et Territoires d'Outre-Mer

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABBES R., P. BACH, E. JOSSE, 1993.** Etude du comportement des thonidés par l'acoustique et la pêche à la palangre en Polynésie Française. Rapport de mission, Programme conjoint EVAAM/IFREMER/ORSTOM, 36p.
- ALVERSON F. G., 1963.** The food of yellowfin and skipjack tunas in the Eastern, tropical Pacific ocean. Bull. IATTC, n° 5, 7, 295-395.
- ALVERSON F. G., C. L. PETERSON, 1963.** F.A.O. Fish. Rep., N° 6, 2, 482-514.
- BARETTE I., A. R. CONNOR A. R, 1962.** Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Commn, 6, 233-280.
- BENZECRI J. P., 1979.** L'analyse des données. Tomme 2, 275p.
- von BERTALANFFY von L., 1938.** A quantitative theory of organic growth. Hum. Biol., 10, 181-213.
- BINI G., 1952.** Osservazioni sulla fauna marina delle coste del Cile e del Perù con speciale riguardo alle specie ittiche in generale ed i tonni in particolare. Boll. Pesca Piscic. Idrobiol., 7, 11-60.
- BLACKBURN M., 1962.** An oceanographic study of the Gulf of Tehuantepec. U. S. Fish Wildl. Serv. Spec. Sci. Rep. Fish., N° 404, 28p.
- BLACKBURN M., 1963.** Distribution and abundance of the tuna related to wind and ocean conditions in the Gulf of Tehuantepec, Mexico. F.A.O. Fish. Rep., N° 6,3, 1557-1582.
- BLACKBURN M., 1965.** Oceanography and biology of tunas. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 3, 299-322.
- BLACKBURN M., 1969a.** Conditions related to upwelling which determine distribution of tropical tunas off western Bajor California. Fish. Bull., 68, 1, 147-176.
- BLACKBURN M., 1969b.** In, Perspectives in Fisheries Oceanography. Jap. Soc. Fish. Oceanogr., Tokyo, 221-225.
- BOGGS C. H., 1992.** Depth, capture time, and hooked longevity of longline-caught pelagic fish : Timing bites of fish with chips. Fishery Bulletin, 90, 642-658.
- BRILL R. W., P. G. BUSHNELL, 1989.** Low ambient oxygen tolerance of tropical tunas : Results of experimental and modeling efforts. 40 th tuna conference, Lake Arrowhead, USA.
- BRILL R. W., K. N. HOLLAND, J. S. FERGUSON, 1984.** Use of ultrasonic telemetry to determine the short-term movements and residence times of tunas around fish aggregating devices. Pacific Congress on Marine Technology, Pacon, 7p.

- BUAT P., 1990.** Pêche à la longue-ligne en Polynésie Française (S.M.C.B. 1967-1990). D.E.A. C.G.Mi.C.L.O., Université Française de Pacifique, 39p.
- CAYRE P., J. CHABANNE, 1986.** Marquage acoustique et comportement des thons tropicaux (albacore : *Thynnus albacares*, et listao : *Katsuwonus pelamis*) au voisinage d'un dispositif concentrateur de poissons. *Océanogr. trop.*, **21**, 167-183.
- CHABANNE J., 1988.** Les ressources en poisson pélagiques hauturiers en Polynésie Française, analyse des données disponibles pour la période 1984-1992. *Arch. d'Océanogr.* 93.04, 52p.
- CHABANNE J., R. ABBES, E. JOSSE, 1993.** La pêche palangrière asiatique dans la ZEE de Polynésie Française. ORSTOM, archives d'océanographie n°93.04, 28p.
- CLEMENS H.B., 1961.** The migration, age and growth of Pacific albacore (*Thunus germon*), 1951-1958. *California Fisheries Game. Fish. Bull.*, N° 115, 128p.
- COLLETTE B. B., R. H. Jr. GIBBS, 1963.** A preliminary review of the fishes of the family Scombridae. *F.A.O. Fish. Rep.*, N° 6, **1**, 23-32.
- COLLETTE B. B., C. E. NAUEN, 1983.** FAO species catalogue. Scombrids of the world, an annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos, and related species known to date. *Fisheries Synopsis*, N° 125, **5**, 137p.
- CONOVER R. J., 1978.** In, *Marine Ecology*, Kinne O., Wiley, Chichester, **4**, 221-499.
- DIZON A. E., 1977.** Effect of dissolved oxygen concentration and salinity on swimming speed of two species of tunas. *Fish. Bull. NOAA*, **75**, 649-653.
- DIZON A. E., R. W. BRILL, 1979.** *Am. Zool.*, **19**, 249-265.
- DIZON A. E., R. W. BRILL, H. S. H. YUEN, 1978.** In, *The Physiological Ecology of Tunas*, Sharp G. D. et Dizon A. E. ed., Academic Press, New York, 233-259.
- DONGUY J. R., W. BOUR, P. GALENON, J. A. GUEREDRAT, 1978.** Les conditions océanographiques et la pêche à la bonite (*Katsuwonus pelamis*) dans le Pacifique occidental. *Cah. ORSTOM Ser. Océanogr.*, **16**, 309-317.
- DUFOUR P., J.M. STRETTA, 1973.** Fronts thermiques et thermohalins dans la région du Cap Lopez (Golfe de Guinée) en juin-juillet 1972 : phytoplancton, zooplancton, micronecton et pêche thonière. *Doc. Sci. Centre Rech. Océanogr.*, Abidjan, **4**, 99-142.
- FORSBERGH E. D., 1969.** *Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Commn.*, **14**, 49-385.
- FUJII I., H. OKAMOTO, 1971.** On the shapes of tunas longline gear under water and catches of tunas and billfishes. *Showa 44 nendo Mie-ken Hamajiima Suishi Jigyo Hokoku*, 45-103.
- GOUET J. P., G. PHILIPPEAU, 1986.** Comment interpréter les résultats d'une analyse de variance?. *ITCF*, Paris, 150p.

- GRAHAM J. B., D. R. DIENER, 1978.** In, The Physiological ecology of Tunas. Sharp G. D. et Dizon A. E. ed., Academic Press, New York. 113-133.
- GREEN R. E., 1967.** Relationship of the thermocline to success of tropical tuna vessels based in California. Fish. ind. Res., 3 (1), 29-45.
- HANAMOTO E., 1974.** Fishery oceanography of bigeye tuna-I, depth of capture by tuna longline gear in the Eastern Tropical Pacific Ocean. La mer (Bulletin de la Société franco-japonaise d'océanographie), 12 (3), 10-18.
- HANAMOTO E., 1975.** Fishery oceanography of bigeye tuna-II. Thermocline and dissolved oxygen content in relation to tuna longline fishing grounds in the eastern tropical Pacific Ocean.. La Mer (Bull. Soc Franco-Japonaise Oceanogr.) 13 (2), 58-71.
- HANAMOTO E., 1987.** Effect of oceanographic environment on bigeye tuna distribution. Bull. Jap. Soc. Fish Oceanogr., 51, 203-216.
- HOLLAND K. H., 1983.** Le sens de l'olfaction et le comportement alimentaire du thon. Lettre CPS d'information sur les pêches, N° 26, 83, 20-25.
- HOLLAND K. N., R. W. BRILL, R. K. C. CHANG, 1990.** Horizontal and vertical movements of yellowfin and bigeye tuna associated with fish aggregating devices. Fish Bull., U.S., 88, 493-507.
- HOLLAND K. N., R. W. BRILL, R. K. C. CHANG, J. R. SIBERT, D. A. FOURNIER, 1992.** Physiological and behavioural thermoregulation in bigeye tuna (*Thunnus obesus*). Nature, 358, 410-412.
- I.A.T.T.C., 1991.** Annual report of the Inter-American Tropical Tuna Commission. La Jolla, California, 261p.
- LAEVASTU T., H. ROSA, 1963.** Distribution and relative abundance of tunas in relation to their environment. F.A.O. Fish. Rep., N° 6, 3, 1835-1851.
- LAURS R. M., R. J. LYNN, 1977.** Seasonal migration of North Pacific albacore, *Thunnus alalunga*, into North American coastal waters : Distribution, relative abundance and association with transition zone waters. Fishery Bull. NOAA, 75, 795-822.
- LAWSON T., 1992.** Status of tunas fisheries in South Pacific Commission area during 1991, with revised annual catches since 1952. Tuna and Billfish Asses. Prog., Techn. Rep. N°69, 73p.
- LEHODEY, 1990.** Dispositif de Concentration de Poissons et habitudes alimentaires des thonidés en Polynésie Française. DEA C.G.Mi.C.L.O, Université du Pacifique, 60p.
- MAGNUSON J. J., 1969.** Digestion and food consumption by skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*). Trans. Am. Fish. Soc., 98, 379-392.

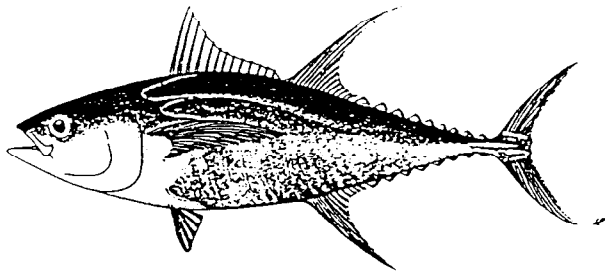
- MAGNUSON J. J., 1978.** Locomotion by scombrid fishes - hydromechanics, morphology, and behavior. In. fish physiology, Hoar W. S., Randall D. J. ed., Academic Press, New York, 7, 239-313.
- MARCILLE J., W. BOUR, 1981.** La pêche des thons à la senne et à la canne dans l'océan Pacifique tropical. Travaux et documents de l'ORSTOM, N° 134, 259p.
- MUROMTSEV A. M., 1958.** The principal ecological features of the Pacific ocean. Oregon State University Press, Corvallis, Oregon, 9-28.
- MURPHY G. I., I. I. IKEHARA, 1955.** Spec. Scient. Rep. U. S. Fish Wildl. Serv. Fish., N° 154, 19p.
- MURPHY G. L., R. S. SHOMURA, 1972.** Pre-exploitation abundance of tunas in the equatorial central pacific. Fishery Bull. NOAA, 70, 875-913.
- NAKAMURA H., 1954.** Suisan Kagaku, 14, 9-17.
- NAKAMURA H., 1969.** Tuna distribution and migration. Fishing News (Books) Ltd., London, 76p.
- NEIL W. H., R. K. C. CHANG, A. E. DIZON, 1976.** Magnitude and ecological implications of thermal inertia in skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*. Environ. Biol. Fishes, 1, 61-80.
- REID J. L., E. BRINTON, A. FLEMINGER, E. L. MCGOWAN, 1978.** Advances in Oceanogr., Charnock H. ed., 65-130.
- ROGER C., E. MARCHAL, 1992.** Mise en évidence de conditions favorisant l'abondance des albacores *Thunnus albacares* et des listao *Katsuwonus pelamis* dans le secteur liberia. Rapport interne ORSTORM, 12p.
- SAITO S., 1973.** On the depth of capture of bigeye tuna by further improved vertical longline in the Tropical Pacific. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 41 (8), 831-841.
- SANTIAGO J., 1992.** Situacion actual de los stocks de túnidos del Atlántico. Sinaval-Eurofishing, Bilbao, 12p.
- SCHERRER B., 1984.** Biostatistique. Morin G. ed., Paris, 850 p.
- SECKEL G. R., 1972.** Fishery Bull. NOAA, 70, 763-787.
- SHARP G. D., 1978.** The physiological ecology of tunas. Sharp G. D. and Dizon A. E. ed., Academic Press, New York, 41-78.
- SHARP G. D., R.C. DOTSON, 1977.** Energy for migration in albacore, *Thunnus alalunga*. Fishery Bull. NOAA, 75, 447-450.
- S.M.A., 1992.** Bulletin statistique du secteur de la mer. Service de la Mer et de l'Aquaculture, Ministère de la Mer, 75p.

- STEVENS E. D., W. H. NEILL, 1978. In, Fish Physiology, Hoar W. S., Randall D. J. ed., Academic Press, New York, 7,315-359.
- SUND P. N., M. BLACKBURN, F. WILLIAMS, 1981. Tunas and their environment in the Pacific Ocean : a review. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., Barnes M. ed., Aberdeen University Press, 19, 443-512.
- TOMASSONE R., E. LESQUOY, C. MILLIER, 1983. La régression, nouveaux regard sur une ancienne méthode statistique. INRA, actualités scientifiques et agronomiques, Masson ed., 177p.
- UDA M., 1957. A consideration of the long years trend of fisheries fluctuation in relation to sea condition. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 23 (7-8), 368-372.
- UDA M., M. ISHINO, 1958. J. Tokyo Univ. Fish., 44, 105-129.
- WAUTHY B., 1986. L'environnement océanique physique dans la zone de la CPS. Programme des Nations Unies pour l'Environnement, N° 83, 91p.
- YOSHIHARA T., 1951. Distribution of fishes caught by the longline-II. Vertical distribution. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 16 (8), 370-374.
- YOSHIHARA T., 1954. Distribution of catch of tuna longline-IV. On the relation between k and φ° with a table and diagram. Bull. Jap. Soc. Fisc., 19 (10), 1012-1014.
- YUEN H. S. H., 1970. Behavior of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, as determined by tracking with ultrasonic devices. J. Fish. Res. Bd Can., 27, 2071-2079.

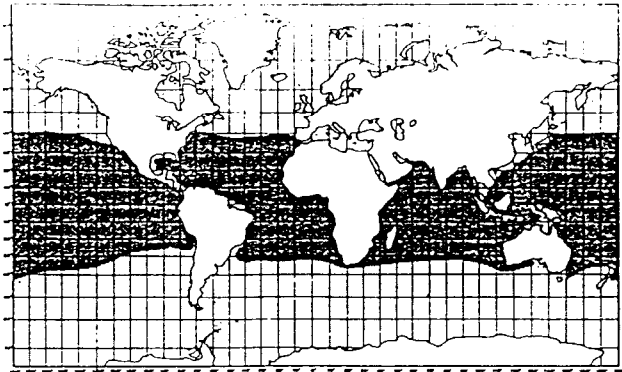
LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. - Les principales espèces de thon capturées en Polynésie Française.

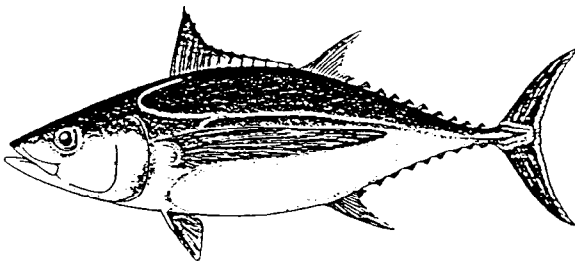
Répartition géographique



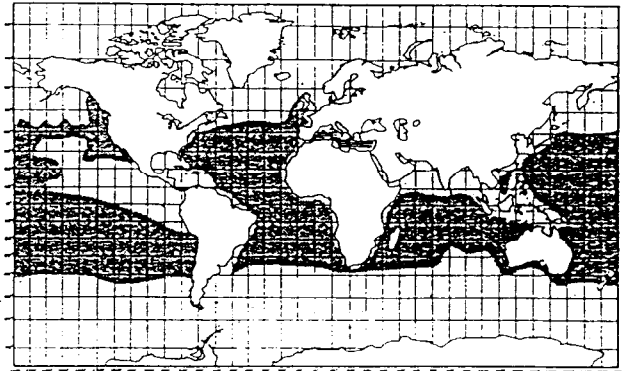
Thunnus albacares



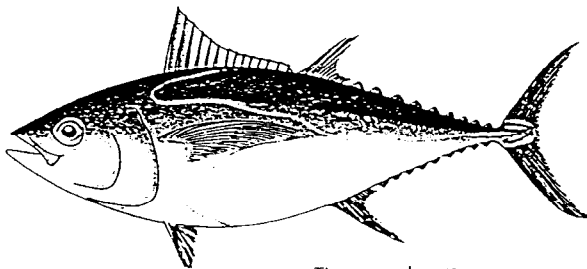
Répartition géographique



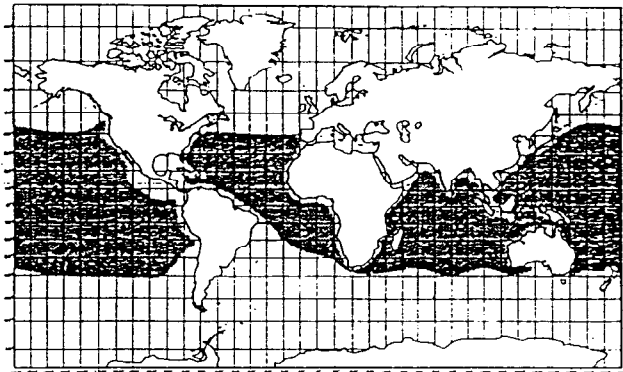
Thunnus alalunga



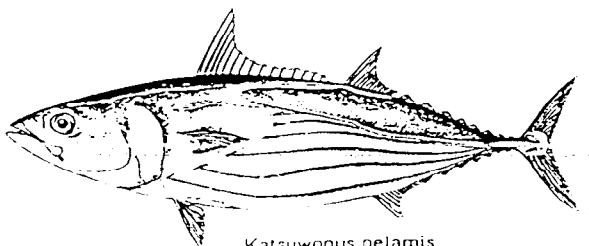
Répartition géographique



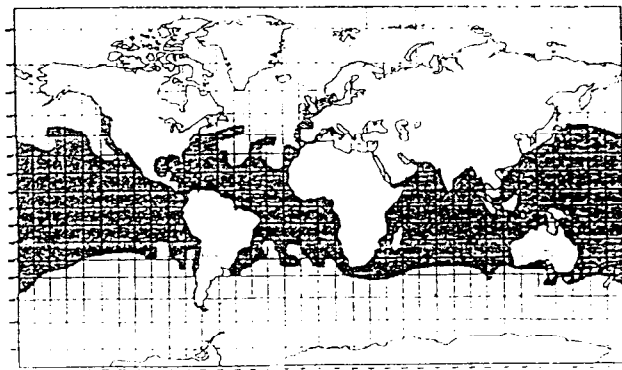
Thunnus obesus



Répartition géographique

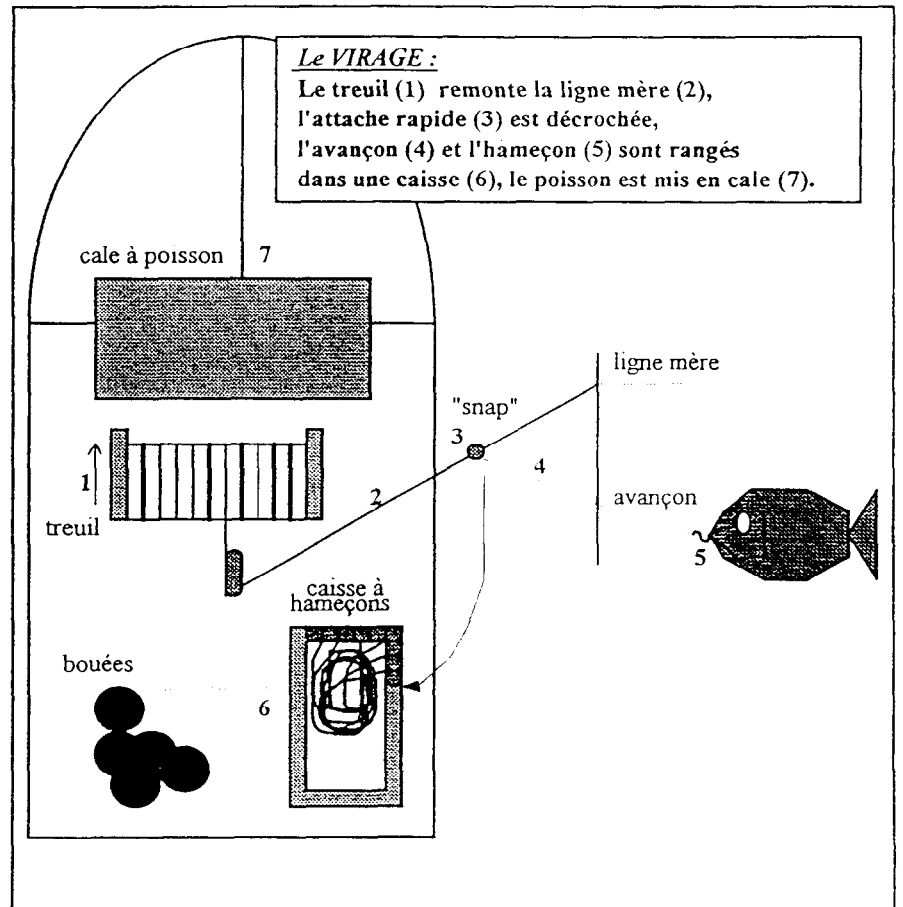
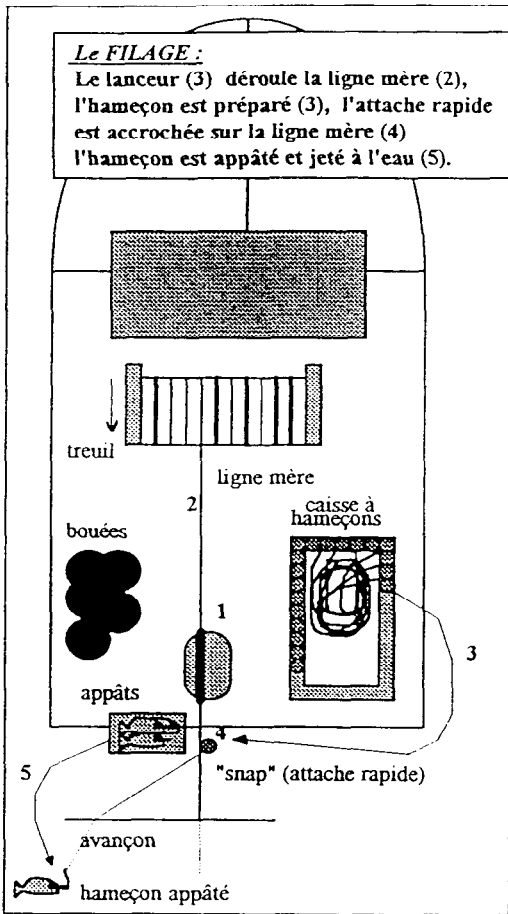


Katsuwonus pelamis



(Source : FAO Fisheries synopsis)

Annexe 2.- Les étapes de filage et virage de la palangre monofilament.



Annexe 3. - Descriptif technique des modules Micrel.

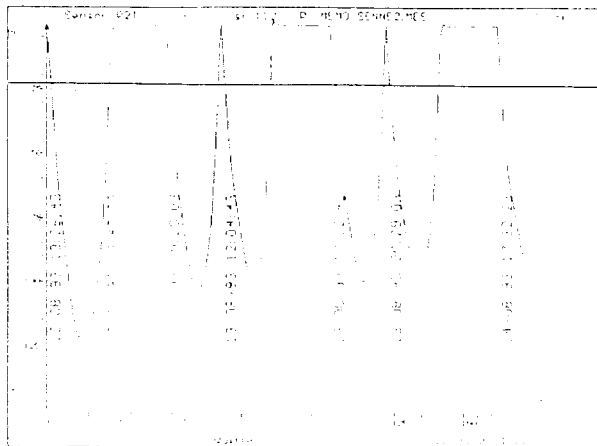
SONDE TEMPERATURE/PRESSION SENSOR P2T
--

Gamme profondeur 35, 70, 150, 350, 600, 1400, 6000 metres

SENSOR P2T mesure la pression et la température en fonction du temps

Grâce a sont faible encombrement il se loge facilement sur des engins d'investigation sous marin tel que filet a plancton, rosette de prelevement d'eau, dragues, filieres. Il peut aussi être utilisé en maregraphe

SENSOR P2T ne possede ni connecteur ni boitier a piles ces elements posant toujours des problèmes d'etanchéité en mer



Un programme convivial vous permet de nombreuses configurations de mesure et de possibilités de visualisation

Le microprocesseur et la mémoire interne du *SENSOR P2T* permettent de stocker a la demande et selon les conditions jusqu'à 32 K de données compressées. Le taux de la compression de données depend du phénomène observe

Pour ne pas encombrer sa memoire d'informations inutiles, un pré traitement peut être programme avant stockage, moyenne sur un certain temps, enregistre des maximum ou des minimum

Selon la configuration programme, *SENSOR P2T* arrête l'enregistrement lorsque la memoire est pleine ou bien continue en effaçant les premieres données. Ces mesures sont transférables sur P.C. par une liaison serie sans contact

SENSOR P2T possede une energie pour 10 ans

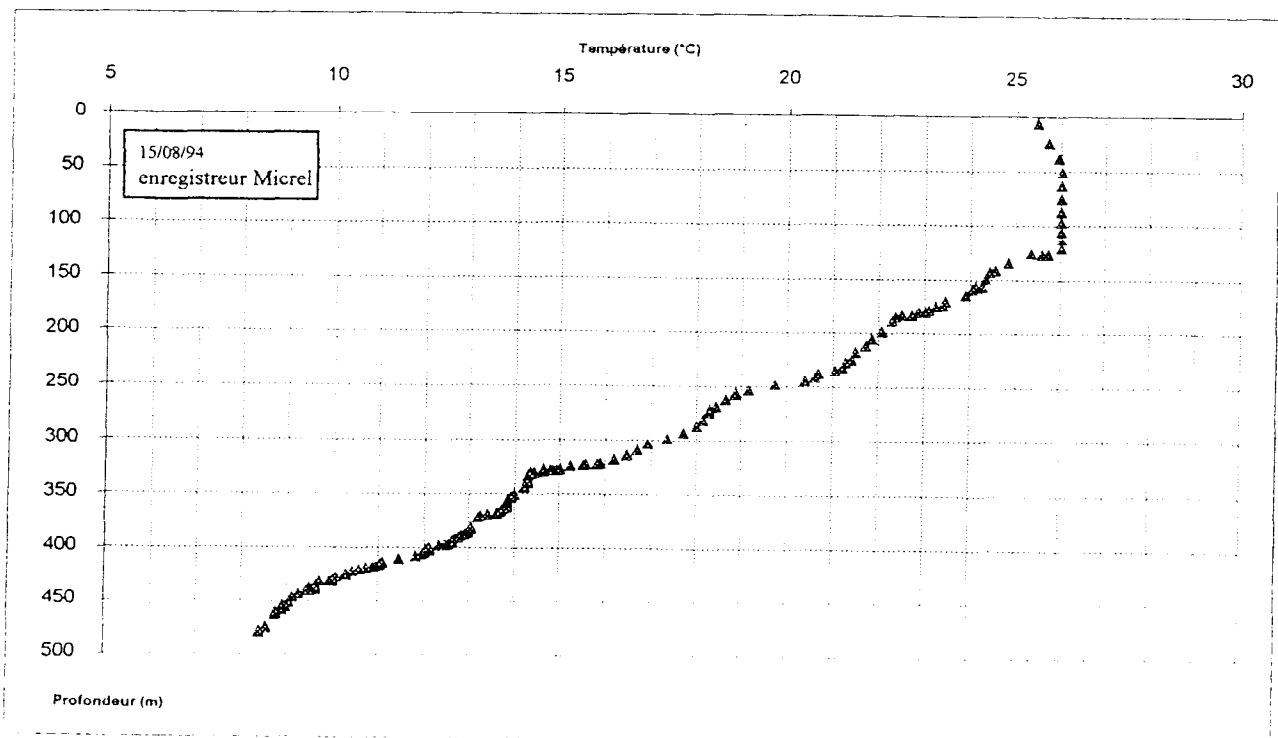
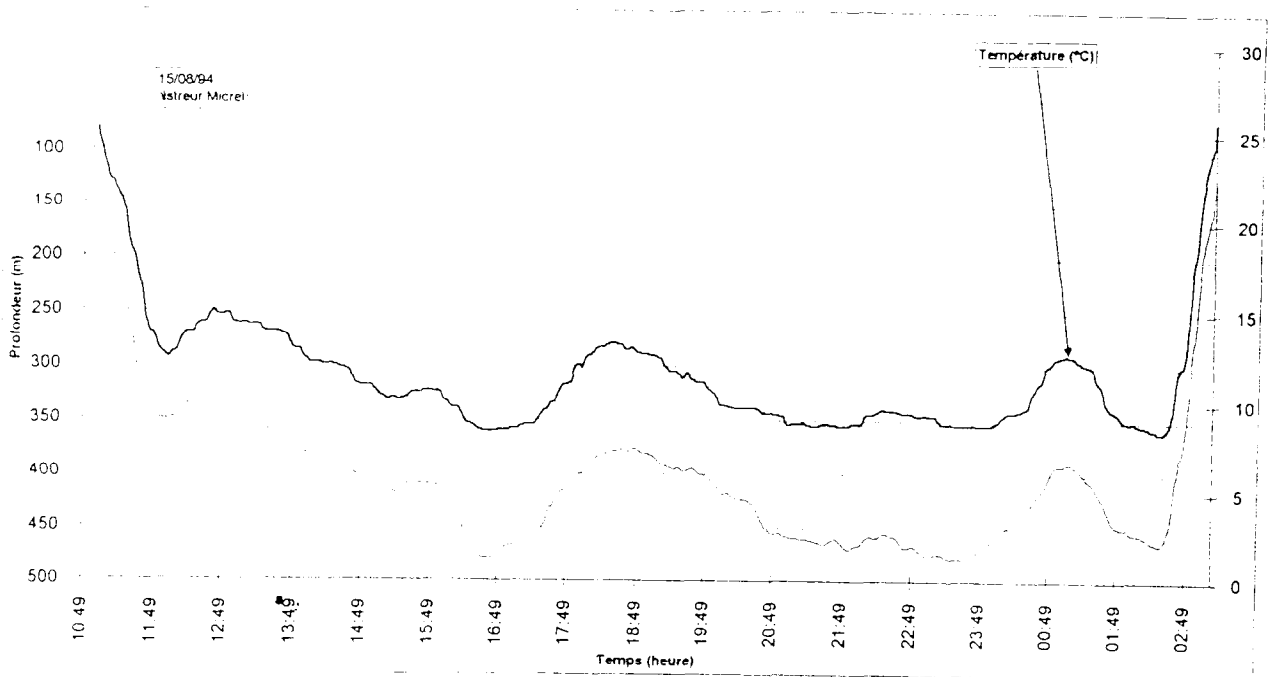
MEMOIRE INTERNE	32 Ko avec un programme de compression
ENERGIE LITHIUM	10 ans
Gamme de température:	-5 à 45°C
Résolution température	0.1 °C
Heure et date	Horloge interne avec calendrier
précision date	±/- 0,01 %
Température d'utilisation	- 10 °C to 50 °C
Interface	RS232 sans contact

MODEL	P2T/35	P2T/150	P2T/350	P2T/600	P2T/1400	P2T/6000
Gamme profondeur (mètre)	0 - 35	0 - 150	0 - 350	0 - 600	0 - 1400	0 - 6000
précision	±/- 15 cm	±/- 75 cm	±/- 1,5 m	±/- 3 m	±/- 7 m	±/- 30 m
Profondeur Maximum (mètre)	50	250	450	700	1500	7000
Materiau boîtier	Aluminium	Aluminium	Aluminium	Aluminium	INOX	INOX
longueur (mm)	135	135	135	85	100	100
largeur (mm)	80	80	80	82	diam 100	diam 100
hauteur (mm)	55	55	55	55		
poids(kg) dans l'air	0.8	0.8	0.8	0.4	6	6
poids (kg) dans l'eau	0.35	0.35	0.35	0.35	5.2	5.2

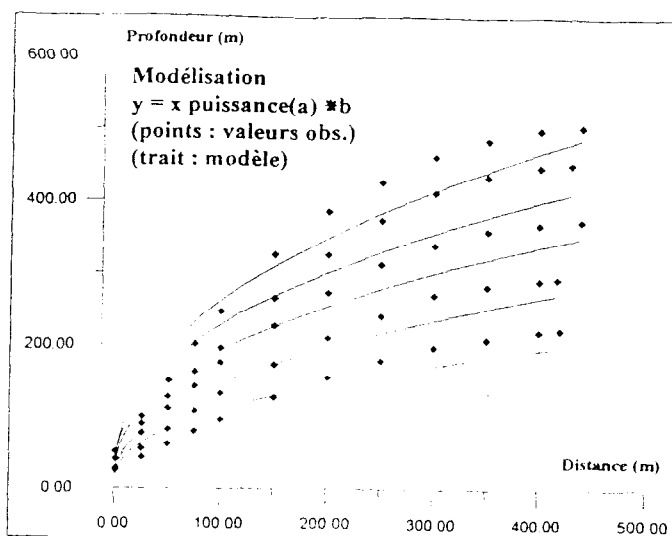
Sur demande il est possible d'étudier l'intégration d'autres mesures physiques telles que la salinité, le déplacement, le cap, la force, l'accélération ou d'autres gammes de température



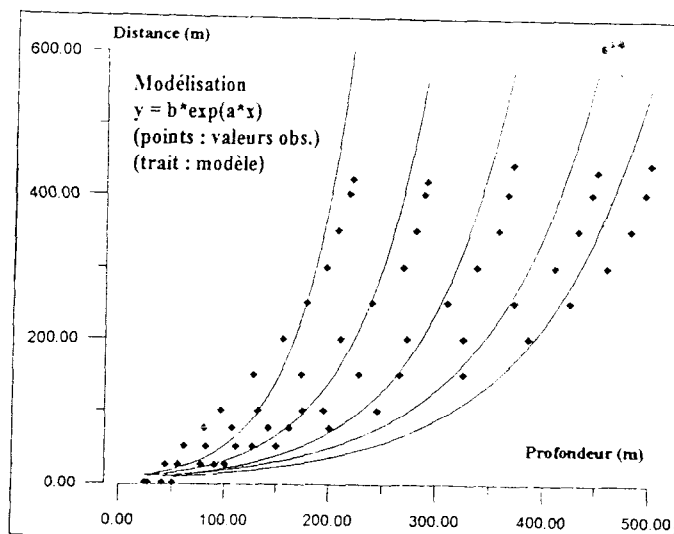
Annexe 4. -Résultats d'enregistrements réalisés par un module Micrel.



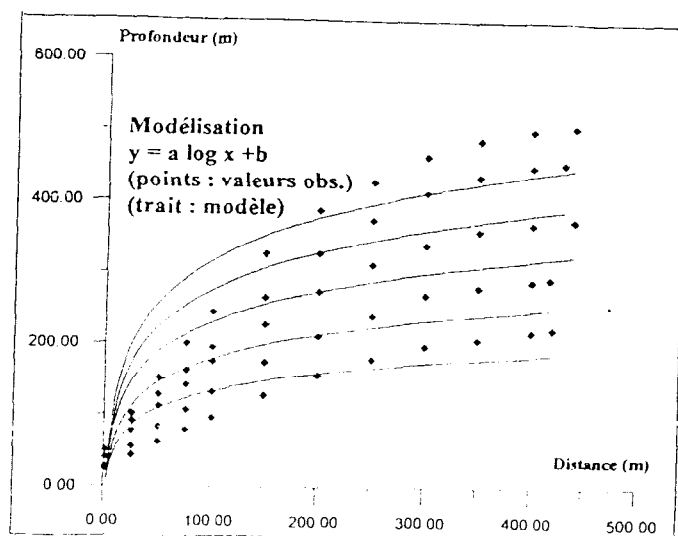
Annexe 5. - Résultats des modélisations réalisées sur les 5 courbes types.



forme puissance ($y = b + x^a$)

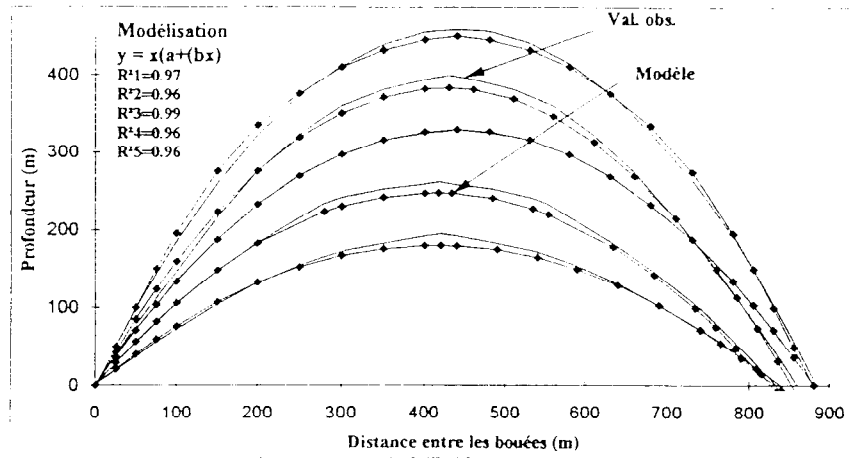


forme exponentiel ($y = b \exp(a * x)$)

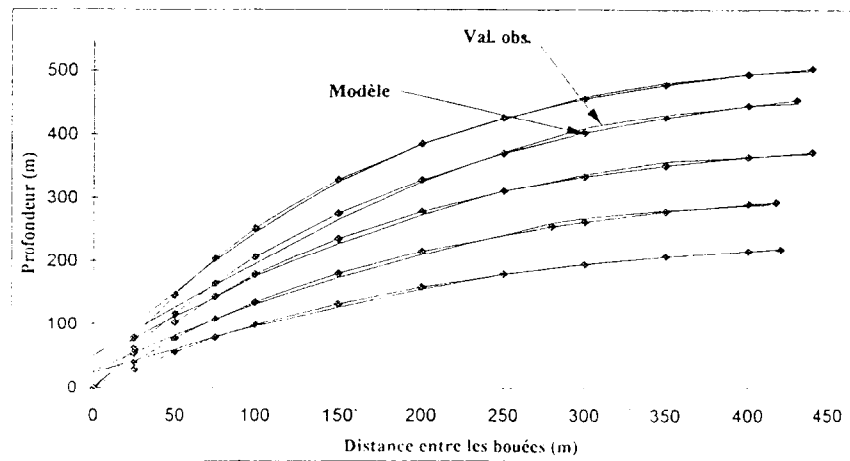


forme semi-logarithmique ($y = a \log x + b$)

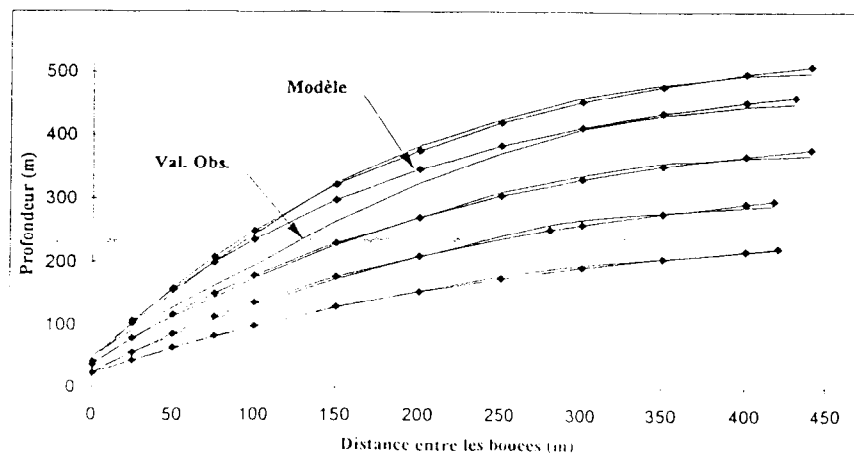
Annexe 6. - Résultats des modélisations réalisées sur les 5 courbes types.



forme hyperbolique ($y = x(a+(bx))$)



forme asymptotique simple ($y = a(1-\exp^{-kb})$)



forme asymptotique corrigée. ($y = a(1-\exp^{-k(b-c)})$)

Annexe 7. - Programme élaboré pour le calcul des profondeurs d'hameçons.

```

10 CLS
14 CLEAR , 32768
20 PRINT "
30 PRINT "
31 PRINT
32 INPUT "Connaissez vous la distance de ligne filée (o/n)"; v$
50 COLOR 12, 8
52 IF v$ = "o" THEN GOTO 62
60 INPUT "entrez la distance entre les bouées (m)
61 IF v$ = "n" THEN GOTO 110
62 INPUT "entrez cette distance de ligne filée (m)
110 INPUT "entrez le nombre d'hameçons par élément
111 INPUT "profondeur maximum atteinte au cours du temps (m)
112 k = (.0045 + (.00000302# * max))
113 f = (((bou / (2 * max)) ^ (-1.01123)) * 478.462)
120 GOTO 230
150 COLOR 3, 8
151 PRINT
152 PRINT
160 PRINT "vous avez obtenues comme données : "
161 PRINT "
162 PRINT
163 IF v$ = "o" THEN GOTO 180
170 PRINT "Distance entre les bouées (m)
180 PRINT "Pinf Calculé
190 PRINT "K Calculé
204 PRINT "Distance de ligne filée (m)
205 PRINT "Distance inter-hameçon (m)
206 PRINT
207 PRINT
208 COLOR 9, 8
210 PRINT : INPUT "voulez vous changer les données o ou n"; n$
220 IF n$ = "o" THEN GOTO 50
225 GOTO 420
230 DIM H(700)
231 DIM HAM(700)
232 DIM FOT(700)
240 DIM D(700)
242 SOUND 40, 3
250 DIM P(700)
260 e = ((bou / 2) / 400)
270 FOR I = 0 TO 400
280 D(I) = e * I
290 P(I) = (f * (1 - EXP(-k * (D(I))))))
300 NEXT I
310 FOR I = 0 TO 399
320 H(I) = (((D(I + 1) - D(I)) ^ 2 + (P(I + 1) - P(I)) ^ 2) ^ (.5))
330 NEXT I
340 FOR I = 1 TO 400
350 HP = HP + H(I)
360 NEXT I
365 IF v$ = "o" THEN GOTO 390
370 HYP = HP * 2
390 l = HYP / (n + 1)
411 GOTO 150
420 COLOR 23, 0
1000 PRINT
1010 PRINT

1020 PRINT "
1021 PRINT "
1232 DIM X(200)
1233 A = A + 0
1234 GOTO 1236
1235 A = b
1236 b = b + 39
1237 SOUND 100, .5
1240 H = 1 ^ 2
1241 o = ((b - A) ^ 2)
1242 M = (f * ((1 - EXP(-k * b)) - (1 - EXP(-k * A)))) ^ 2
1243 Z = o + M
1245 W = (INT(H ^ (.5)) * 10)
1246 X = (INT(Z ^ (.5)) * 10)
1257 T = (W - X)
1252 IF T < 0 THEN GOTO 1600
1254 IF T = 1 THEN 1500
1255 IF T > 0 THEN GOTO 1700
1260 IF (W - X) > 1 THEN GOTO 1700
1500 J = J + 1
1501 X(J) = b
1502 PRINT "hameçon n° "; J
1503 HAM(J) = 11 + (f * (1 - EXP(-k * b))) + (((-0.00000029# * (b ^ 3)))
1512 IF J = (n / 2) THEN GOTO 12000
1515 IF J = ((n + 1) / 2) THEN GOTO 12000
1520 GOTO 1235
1600 b = b - .1
1630 GOTO 1241
1700 b = b + .1
1710 GOTO 1241
12000 CLS
12010 COLOR 10, 8
12011 SOUND 5000, 2
12020 PRINT
12030 PRINT "LA PROFONDEURS DES : "; n; " HAMECONS EST CALCULEE"
12040 PRINT "
12041 COLOR 15, 8
12050 PRINT "
12051 COLOR 10, 8
12052 PRINT
12060 INPUT " La profondeur de l'hameçon n° :"; num
12062 IF num = 0 THEN GOTO 15000
12063 IF num > n THEN GOTO 16000
12064 IF num < ((n + .95) / 2) THEN GOTO 12070
12065 num = ((n + 1) - num)
12070 PRINT "
13000 GOTO 12051
15000 COLOR 4, 8
15002 PRINT
15004 PRINT
15010 INPUT "voulez vous recommencer 'o ou n"; rep$
15020 IF rep$ = "o" THEN GOTO 10
15030 END
16000 COLOR 9, 8
16010 PRINT
16020 PRINT "Attention il n'y a que"; n; " hameçons par basquet"
16030 PRINT
16040 GOTO 12051

```

Annexe 8. - Fonctionnement du programme.

Connaissez vous la distance de ligne filée (o/n)? o
 entrez distance de ligne filée (m) = ? 1000
 entrez le nombre d'hameçons par basquet = ? 50
 profondeur maximum atteinte au cours du temps (m) = ? 300

vous avez obtenues comme données :

Distance entre les bouées (m)	=	0
Pinf Calculé	=	338.422
K Calculé	=	.005406
Distance de ligne filée (m)	=	1000
Distance inter-hameçon (m)	=	19.60784

voulez vous changer les données o ou n? n

CALCUL DES PROFONDEURS D'HAMECONS
ATTENDRE

La profondeur de l'hameçon n° :? 2
 = 45. m

La profondeur de l'hameçon n° :? 3
 = 62. m

Annexe 9. - Coordonnées des nouvelles courbes types.

Courbe type 1		Courbe type 2	
ddist bouées	Profondeur	ddist bouées	Profondeur
40	38	40	58
80	70	80	112
120	102	120	160
150	106	150	186
180	118	180	206
220	130	220	226
250	136	250	238
280	140	280	244
300	141	300	245
340	142	340	246
360	142	360	246
390	142	390	246

Courbe type 2		Courbe type 3	
ddist bouées	Profondeur	ddist bouées	Profondeur
40	50	40	58
80	92	80	110
120	130	120	154
150	158	150	184
180	180	180	214
220	206	220	248
250	224	250	272
280	240	280	293
300	248	300	302
340	246	340	318
360	264	360	326
390	270	390	333

ddist bouées : Demi-distance entre les bouées

Profondeur : Profondeur maximale atteinte par la palangre