

**TRAVAUX
ET DOCUMENTS
DE L'O.R.S.T.O.M.**

**dynamique des populations
de crevettes péneïdes
exploitées à madagascar**



jacques marcille



ÉDITIONS DE L'OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

RENSEIGNEMENTS, CONDITIONS DE VENTE

Pour tout renseignement, abonnement aux revues périodiques, achat d'ouvrages et de cartes, ou demande de catalogue, s'adresser au :

SERVICE DES PUBLICATIONS DE L'ORSTOM
70-74, route d'Aulnay - 93140 BONDY (France)

- Tout paiement sera effectué par chèque bancaire barré ou par C. C. P., au nom du Service des Publications ORSTOM-C. C. P. : 22.272-21 Y PARIS.
- Achat au comptant possible à la bibliothèque de l'ORSTOM, 24, rue Bayard, 75008 PARIS.

I - CAHIERS ORSTOM

BIOLOGIE	Océanographie
ENTOMOLOGIE MÉDICALE ET PARASITOLOGIE	PÉDOLOGIE
HYDROBIOLOGIE	SCIENCES HUMAINES
HYDROLOGIE	

<i>séries trimestrielles</i>	Abonnement: <i>France</i>	120 F.	36,30 US dollars
	<i>Etranger</i>	156 F.	
GÉOLOGIE - <i>série semestrielle</i>	Abonnement: <i>France</i>	96 F.	28,00 US dollars
	<i>Etranger</i>	120 F.	

II - BULLETIN ANALYTIQUE D'ENTOMOLOGIE MÉDICALE ET VÉTÉRINAIRE

12 numéros par an (15 fascicules)	Abonnement: <i>France</i>	115 F.	30,25 US dollars
	<i>Etranger</i>	130 F.	

Dans la même collection, nous vous signalons :

**LES AMPHIPODES PÉLAGIQUES
DU PACIFIQUE OCCIDENTAL ET CENTRAL**
Biologie, écologie et relations trophiques avec la faune ichthyologique.

Robert RÉPELIN

n° 86 - 15,5 x 24 - 381 p. - 130 fig.

I.S.B.N. : 2-7099-0497-7 58,85 F. TTC.

TRAVAUX ET DOCUMENTS DE L'O.R.S.T.O.M.
N° 92

O.R.S.T.O.M.
PARIS
1978

*Cette étude a fait l'objet d'une thèse de Doctorat ès Sciences Naturelles,
soutenue devant l'Université Pierre et Marie Curie (Paris VI), le 27 avril 1977.*

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

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

**dynamique des populations
de crevettes pénéides
exploitées à madagascar**

jacques marcille

sommaire

AVANT-PROPOS	11
INTRODUCTION	15
GENERALITES SUR LA PECHE CREVETTIERE A MADAGASCAR	
1 - Les caractéristiques du marché international de la crevette	19
1.1.- Tendance des prix	19
En fonction des catégories de taille	
A long terme	
2 - Espèces pêchées à Madagascar	21
3 - Les zones de pêche	22
4 - Distribution des espèces exploitées	22
4.1.- Distribution géographique	22
4.2.- Répartition bathymétrique	23
5 - Les méthodes de pêche	25
5.1.- Les barrages côtiers	25
5.2.- Les zones de plage	26
5.3.- Le chalut	26
5.4.- Chalutage artisanal	26
6 - Les sociétés de pêche industrielle	26
6.1.- La SOMAPECHE	27
6.2.- La G.P.O., nouvellement FAMAKO	27
6.3.- La SIPMAD	27
6.4.- Les pêcheries de Nosy-Bé	27
7 - Stockage et conditionnement	28
7.1.- Traitement à bord	28
7.2.- Le stockage	29
Stockage dans la glace	
Stockage en eau de mer réfrigérée	
Surgélation en vrac	
7.3.- Conditionnement	30

8 - Classification des différentes espèces lors du traitement en usine pour chaque armement _____	31
8.1.- SOMAPECHE _____	31
8.2.- FAMAko _____	32
8.3.- SIPMAD _____	32
8.4.- Pêcheries de Nosy-Bé _____	32

LA FLOTTILLE, LES CAPTURES, LES RENDEMENTS

1 - La flottille de pêche _____	35
1.1.- Evolution de la flottille _____	35
1.2.- Caractéristiques des navires _____	35
2 - Récolte des statistiques de pêche _____	37
2.1.- Les quantités pêchées _____	37
2.2.- La sonde _____	37
2.3.- Heure de début de chalutage - Durée du trait _____	38
2.4.- Les zones de pêche _____	38
2.5.- Fiches particulières _____	38
2.6.- Statistiques de production "usine" _____	38
3 - Evolution des captures totales _____	40
3.1.- Pêcherie industrielle _____	40
Captures totales _____	
Captures mensuelles _____	
3.2.- Pêcherie artisanale ou traditionnelle _____	43
Captures totales _____	
Captures mensuelles _____	
3.3.- Pêcherie semi-artisanale _____	44
4 - Evolution des captures par espèce _____	45
4.1.- Résultats globaux par espèce _____	45
4.2.- Evolution des pourcentages des diverses catégories de crevettes au cours de l'année par zone et pour l'ensemble des zones de pêche _____	47
5 - Structure par catégorie de taille des différentes espèces pêchées et évolution du calibre moyen _____	47
5.1.- Calibres globaux annuels et évolution du calibre moyen _____	49
<i>P.indicus</i> _____	
<i>P.semisulcatus</i> _____	
<i>P.monodon</i> _____	
<i>M.monoceros</i> _____	
5.2.- Evolution des calibres moyens au cours de l'année _____	55
5.3.- Evolution du calibre moyen par zone de pêche _____	60

6 - Facteurs susceptibles d'agir sur les rendements _____	60
6.1.- La température _____	60
6.2.- La salinité _____	61
6.3.- La pluie et la turbidité de l'eau _____	62
6.4.- La période lunaire _____	65
6.5.- Le comportement des différentes espèces _____	65
6.6.- Le mode de distribution des espèces _____	68
7 - Analyse des rendements des chalutiers - Définition d'une unité d'effort de pêche _____	70
7.1.- Généralités _____	70
7.2.- Calcul des coefficients mensuels _____	71
7.3.- Les résultats _____	71
7.4.- Discussion _____	74
7.5.- Evolution au cours de l'année de la puissance de pêche des navires de types différents _____	74
Observation _____	
Explication possible _____	
Implications pratiques _____	
7.6.- Evaluation de l'effort de pêche _____	76
7.7.- Evolution du nombre d'heures de chalutage par jour de pêche _____	77
Evolution annuelle _____	
Evolution mensuelle _____	

EVALUATION DES STOCKS PAR LES MODELES DE PRODUCTION

INTRODUCTION

1 - Examen des courbes de capture en fonction de l'effort de pêche	81
2 - Emploi du modèle généralisé de production _____	81
3 - Etude des différentes zones de pêche _____	83
3.1.- Zone de Nosy-Bé - Baie d'Ambaro _____	83
3.2.- Baie de Narendry _____	86
3.3.- Baie de la Mahajamba _____	89
3.4.- Zone de Majunga _____	89
3.5.- Cap Tanjona, baie de Baly _____	92
3.6.- Zone du cap Saint-André _____	94
3.7.- Zone de Beravina _____	97
3.8.- Baie de Koraraika _____	97
3.9.- Zones non encore exploitées _____	98
4 - Etude globale des zones 1 à 6 _____	98
5 - Etude des stocks de chaque espèce _____	101
5.1.- <i>P. indiens</i> _____	101

5.2.- <i>P.monodon</i> _____	103
5.3.- <i>M.monoceros</i> _____	104
5.4.- <i>P.semisulcatus</i> _____	106
6 - Commentaire général sur la relation entre la prise et l'effort de pêche _____	108
7 - Aspects d'ordre économique _____	108
8 - Problèmes posés par l'exploitation des stocks de niveaux poten- tiels différents. Implications pour une stratégie d'exploitation rationnelle _____	110
8.1.- Position du problème _____	110
8.2.- Exploitation optimale de deux zones ayant des niveaux potentiels différents _____	111
8.3.- Exploitation optimale de N zones - Généralisation de la méthode _____	111
8.4.- Problèmes posés par une telle stratégie _____	117

APPROCHE ANALYTIQUE DE LA DYNAMIQUE DES POPULATIONS

INTRODUCTION

1 - Etude de la mortalité _____	121
1.1.- Données de base _____	121
1.2.- Transformation des données _____	122
1.3.- Calcul des coefficients de mortalité _____	124
2 - Biomasse d'une cohorte _____	129
3 - Rendements par recrue _____	134
3.1.- En fonction de l'âge à la première capture _____	134
3.2.- En fonction de la taille de recrutement _____	136
4 - Influence de la pêche artisanale sur la pêche industrielle _____	140
4.1.- Généralités _____	140
4.2.- Application du modèle à <i>P.indicus</i> _____	140
4.3.- Résultats _____	141
5 - Modèle de production intégrant les variations mensuelles du recrutement _____	146
5.1.- Modèle utilisé _____	146
5.2.- Evaluation du recrutement mensuel _____	148
5.3.- Modèle intégrant le prix des crevettes par catégorie de taille _____	150
6 - Effet calculé et observé d'une fermeture de la pêche _____	151
7 - Fécondité du stock _____	154
8 - Relation stock-recrue _____	155
9 - Approche analytique de la dynamique des populations de <i>M.monoceros</i> _____	158
10 - Approche analytique de la dynamique des populations de <i>P.semisul-</i> <i>catus</i> _____	161
11 - Commentaires généraux sur la validité des modèles analytiques _____	164

AMENAGEMENT DE LA PECHERIE

CONSIDERATIONS GENERALES SUR LES AMENAGEMENTS

1 - Objectifs de l'aménagement _____	169
2 - Techniques d'aménagement possibles _____	171
2.1.- Pour la pêche industrielle _____	172
2.2.- Pour la pêche artisanale _____	173
3 - Proposition d'aménagement de la pêche industrielle _____	175
BIBLIOGRAPHIE _____	179
ANNEXES _____	185

avant-propos

Le présent travail a été entrepris à l'ORSTOM dans le but de fournir aux autorités malgaches une meilleure compréhension et un outil de gestion de la pêcherie de crevettes de Madagascar.

Je remercie très vivement Monsieur le Professeur J.DAGET, directeur du Laboratoire de Dynamique des Populations Aquatiques du Muséum d'Histoire Naturelle, qui depuis mes débuts à l'ORSTOM a dirigé mes recherches ; ses conseils précieux et ses encouragements m'ont permis de réaliser ce travail. Qu'il trouve ici l'expression de ma plus profonde et sincère gratitude.

Pendant toute l'élaboration de ce travail, Monsieur A.CROSNIER, directeur de recherches à l'ORSTOM, a été mon directeur au Centre Océanographique de Nosy-Bé ; il s'est toujours efforcé de me procurer les moyens de travail nécessaires, dans des conditions parfois difficiles ; je lui exprime ma reconnaissance pour l'intérêt qu'il a manifesté à mon travail et le soutien qu'il m'a toujours apporté.

Je tiens à remercier Monsieur le Professeur LAMOTTE, directeur du Laboratoire de Zoologie de l'Ecole Normale Supérieure pour avoir mis à ma disposition pendant près d'un an, un local et des moyens de calcul qui ont permis la réalisation de ce travail, ainsi que Messieurs les Professeurs DRACH et BOUGIS qui, après avoir guidé mes premiers pas en océanographie ont bien voulu juger cette thèse.

Le Docteur L.LAUBIER, directeur du Centre Océanologique de Bretagne et les Docteurs L.K.BOEREMA et J.P.TROADEC, du Service de Prospection et d'Evaluation des Ressources Aquatiques de la F.A.O., ont bien voulu examiner ce mémoire. Qu'ils veuillent bien agréer ici mes remerciements les plus sincères.

Il m'est agréable d'associer à mes remerciements mon ami B.STEQUERT chargé de recherches à l'ORSTOM, qui m'a beaucoup aidé dans le fastidieux travail de collecte des données et l'a poursuivi seul après mon retour en France. Je n'oublie pas non plus mon ami Louis LE RESTE qui m'a fait participer à son programme d'étude sur la biologie des crevettes pénéides ; je l'en remercie.

La collaboration technique de Y.BERTHIN et E.BASILE du Centre Océanographique de Nosy-Bé m'a aussi été précieuse ; je les en remercie.

Les biologistes des pêches savent à quel point leurs travaux dépendent de la bonne volonté à leur égard des patrons de pêche, marins, capitaines d'armement et responsables d'usines. A Madagascar cette collaboration m'a presque toujours été acquise, et très nombreux sont ceux qui m'ont accordé leur amitié et leur confiance. J'espère que ce travail qui a été accompli avec eux pourra réellement améliorer la pêche crevettière malgache.

Ma reconnaissance va également à Monsieur Pascal DADIE du Centre de Recherches Océanographiques d'Abidjan, pour la réalisation technique de ce mémoire.

Industrial exploitation of penaeid shrimps began in 1967 off Northwest Coast of Madagascar. The first results being good, an industry was quickly built up and the fishing fleet, which has been considerably developed since this date, consisted in 1975 of more than 40 vessels. After a short examination, in the first part of this study of the stock characteristics, we examine in a second part how production models can help us to make evaluation of that stock and to find optimal fishing effort. In a third part we try, by an analytic approach of populations dynamics to examine how to manage the fishery and how to increase the catch but avoiding overfishing.

The main exploited species are *Penaeus indicus* (67% of the total catch), *Metapenaeus monoeros* (19%), *Penaeus semisulcatus* (11%) and *Penaeus monodon* (3%). The whole catch is obtained in the Northwest of Madagascar from the bays and the shallow waters of the coasts in muddy or sandy-muddy area at low depth (5 to 25 meters).

Two kinds of fisheries are developed :

- The artisanal fishery consists of shore barriers, which have been implanted for a long time, and catches mainly small immature shrimps at the river mouth nearby mangroves in intertidal zone.

- The industrial fishery operates with a trawler fleet ice or freezing of 15 to 25 meters long and 150 to 400 HP vessels. It catches elder shrimps.

Products are processed in four factories and conditioned (Sorting by species and calibration in different size categories).

Statistical data have been collected by the ORSTOM center of Nosy-Bé since the beginning of the fishery. They have allowed us to study the stock evolution during the period of the exploitation expansion.

Statistical data are :

- . fishing effort by area
- . total catch by area
- . structure of catches (calibration) for each species.

Questions usually asked to fishery biologist can be summed up as follows :

- . what maximum effort can be supported by the stock ?
- . what minimum length should reach the shrimps before being exploited ?
- . are closes of fishing seasons necessary of profitable ?

Production models using only catch effort relationship give us an approach to solve the first question but we need more precise analysis, integrating biological parameters to solve the other ones (analytical models).

I - STUDY OF STOCKS BY PRODUCTION MODELS

General production models have been employed using Prodfit Program by FOX. As fishing areas are well separated and seem to correspond to different nurseries and independent stocks, they can be studied separately and compared. Fishing areas of the Northwest coast seem to be hardly exploited (at least in some parts of this area) and no increase of catch can be expected from increasing fishing effort.

Usually, maximum catch can be obtained with a relatively small effort. Then we observe a stabilization of the catch even if a very important increase of fishing effort is made. As a result of this observation, effort can exceed

slightly optimal effort corresponding to maximum sustainable yield (MSY) in reasonable limits. However such a method is opposed to any rational exploitation of a stock.

This phenomenon is more evident when we study evolution of the catch in value instead of in weight. The decrease of the medium size caught shrimps causes a decrease of the income of the catches for similar landings in weight (according to the low commercial value of the little shrimps).

Problems in exploitation of different potential level stocks :

The catch by unit effort (CPUE) corresponding to MSY is different from one area to another. However in 1974 and 1975 the CPUE in the different areas converge to the same value.

If CPUE corresponding to MSY is higher in a stock A than in a stock B, this stock A will be more exposed to overfishing. So some areas can be over exploited while some others are still underexploited. Extension of fishing effort in exploited areas have no chance to begin if CPUE which can be expected in those areas is lower than the economic level of rentability.

A model to optimize exploitation between the different areas can be fitted.

Each area "i" being determined by a catch-effort relationship of the form

$$Y_i = a_i F_i e^{-b_i F_i} \quad (\text{exponential model when } m \rightarrow 1)$$

we try to see, for increasing values of total fishing effort, what is the repartition of F_i in the different areas which gives the maximum catch. Applied to shrimp stocks of Madagascar this model allows us to propose an optimal distribution of fishing effort in the different areas. Catch could be increased of about 700 tons with the same fishing effort but a different policy.

II - ANALYTICAL APPROACH OF THE *P. indicus* POPULATION DYNAMICS

Mortality has been studied using two methods :

- rate of tagged shrimps
- study of the size of the shrimp conditioned in factories.

For the major species, *P. indicus*, natural mortality rate is about 0.15 to 0.25 (monthly) and fishing mortality about 0.50.

Fishing mortality vectors by age has been estimated using cohort analysis. Figures of yield by recruit show us that the yield for female is maximum for recruitment at 4.5 to 5.5 months, and for male, 3 to 4 months. For the whole population optimal recruitment age is between 4 and 5 months. As far as, excepting in January and February, trawlers catch very few 3-4 months shrimps, it is not necessary to protect the recruits at any other period. The maximum yield is obtained for a size between 6 and 7.5 cm (tail length); only shore barriers catch smaller shrimps in great quantity.

So effect of artisanal fishery on industrial fishery has been analyzed using Beverton and Holt model.

Suppression of artisanal fishery in Ambaro bay could increase total catch from 8 to 30% according to the hypothesis done on the natural mortality rate value (0.25 or 0.15/month) ; profit in value could be 15% to 45%.

A production model (Ricker type) integrating monthly variations of recruitment is used in order to do a simulation with closed seasons. Those simulations show that the effect of closed seasons is very weak. The profit expected for a closed season in January, February and March is very low (4% in value). Observations of the effect of closed season in January-February confirms those simulations.

Apparently *P. indicus* stock has reached since 1973 a critical level as catches decrease in spite of increasing fishing effort. Estimation of recruitment (from cohort analysis) shows that it may have been affected. So we are conducted to propose some action in order to regulate artisanal fishery as well as industrial fishery.

III - PROPOSED REGULATION MEASURES

. Artisanal fishery.

An increase of selectivity of shore barriers can be obtained with an augmentation of the distance between switches of lathings (from 7.5 mm actually to 11 mm).

. Industrial fishery.

- Protection of youngs :

Closing season during a short period (January-February) cannot be baneful. It could be generalised for the whole fishing area.

- Limitation of fishing effort :

Hypothesis A : If exploitation is only done between St-Sebastien cap and Koraraika bay, effort can be maintained at 110 000 standard hours. This effort corresponds to a fleet of 32 units (4 trawlers 160 HP, 11 trawlers 260 HP, 17 trawlers 400 HP).

A fishing strategy optimising in each area effort and CPUE could allow catch increases of 15%.

Hypothesis B : North west and west coast of Madagascar are exploited up to cap Kimby as well as Antongil bay on East coast. Fishing effort may increase until 160 000 standard hours allowing the fleet to be increased until 45 units. Maximum catch using the same fishing strategy (limitation of effort according to the different areas) could be about 6 000 tons.

introduction

Depuis certainement fort longtemps, il existe le long des côtes nord-ouest et ouest de Madagascar une pêcherie artisanale de crevettes pénéides utilisant des barrages côtiers. Les apports sont toujours restés relativement faibles.

En 1951, puis de 1958 à 1960, les essais de chalutage effectués par les chercheurs du Centre ORSTOM de Nosy-Bé et ceux de la division des Pêches Maritimes du Service de l'Élevage de Madagascar montraient qu'une exploitation industrielle des crevettes pénéides, le long des côtes nord-ouest et ouest de Madagascar, pouvait être envisagée. Un premier bilan des possibilités était établi en 1965 par CROSNIER.

L'exploitation industrielle ne débutait réellement qu'en 1967 ; les premiers résultats étant bons, elle se développait rapidement et la flottille s'étant considérablement accrue depuis cette date comprenait au début de l'année 1975 plus de quarante unités.

Cette expansion rapide n'est peut-être pas sans inconvénients ; en effet, on constate que les rendements élevés qui l'ont provoquée sont en très nette diminution dans l'ensemble des zones de pêche et l'on peut, sans faire preuve d'un pessimisme excessif, se demander si la progression de la puissance de pêche n'a pas été trop rapide et si son niveau actuel n'est pas contraire au maintien d'une production équilibrée de ce stock.

Après avoir examiné brièvement, dans la première partie de cette étude, les diverses caractéristiques des stocks de crevettes pénéides malgaches et les modalités de leur exploitation, nous verrons, dans la seconde partie, comment les modèles logistiques (type modèle de SCHAEFER) peuvent nous aider à évaluer ces stocks et l'effort de pêche optimal qui peut y être appliqué. Dans une troisième partie, nous tentons, par une approche analytique de la dynamique des stocks, d'examiner les aménagements et les réglementations possibles qui permettraient d'améliorer les captures totales, tout en évitant les risques de surpêche.

Les aspects plus strictement biologiques concernant les trois principales espèces exploitées (*Penaeus indicus*, *Metapenaeus monoceros*, *Penaeus semisulcatus*) ne sont pas examinés ici puisqu'ils ont déjà fait l'objet de divers travaux (LE RESTE et MARCILLE, 1976a et b).

1. généralités sur la pêche crevettière à madagascar

1 - Les caractéristiques du marché international de la crevette

Les débarquements de crevettes dans le monde se sont accrus d'année en année depuis 1950. Une très forte demande sur les marchés internationaux, entraînant une rapide progression des prix, a encouragé un accroissement de la production dans les zones déjà exploitées et le développement de nouvelles zones de pêche. De nombreux pays qui n'exploitaient cette ressource que pour leur consommation propre ont développé la pêche et le traitement des crevettes pour le marché de l'exportation.

De 1963 à 1972, l'accroissement des prises mondiales a été supérieur à 50% et, bien que le tonnage d'un million de tonnes, atteint en 1972, représente moins de 2% des captures totales de produits de la mer, il représente en valeur plus de 7% de l'ensemble des pêches mondiales. 50% de la production mondiale en crustacés vient d'Asie où de grandes potentialités existent encore du Bangladesh à la Chine. De grandes quantités proviennent aussi d'Amérique du Nord et du Sud, le Golfe du Mexique et la Mer des Caraïbes ayant d'importants stocks de crevettes tropicales. Les débarquements sont relativement faibles le long des côtes européennes, alors que la production en Afrique et Océanie augmente rapidement.

Le commerce mondial des crevettes tropicales congelées est dirigé essentiellement vers deux marchés : les USA et le Japon (Fig.1).

En 1972, ces deux pays ont consommé environ 550.000 tonnes de crevettes, soit à peu près 50% du total des captures. La quasi totalité de la production crevetteière malgache ainsi exportée vers ces deux pays à monnaie forte constitue pour Madagascar une appréciable source de devises (la pêche crevetteière y est devenue le 4ème produit d'exportation) indispensable au développement de son économie.

1.1. TENDANCE DES PRIX

En fonction des catégories des taille.

Les prix des crevettes au débarquement, en gros ou au détail, sont étroitement liés à leur taille. Les crevettes les plus grosses, à la fois plus rares et très demandées sur le marché de la restauration aux USA et au Japon, ont une valeur plus élevée. Ce facteur sera important à considérer lorsque nous examinerons les possibilités d'aménagement de la pêcherie. Nous donnons la relation entre la taille et le prix des crevettes blanches en provenance d'Inde, cotées à la bourse de New York en 1973 (Fig.2). Bien que le prix puisse varier sensiblement suivant la saison (aux USA, il varie en raison inverse du volume de la production nationale), l'accroissement moyen est de 11 cents par livre pour chaque catégorie de taille.

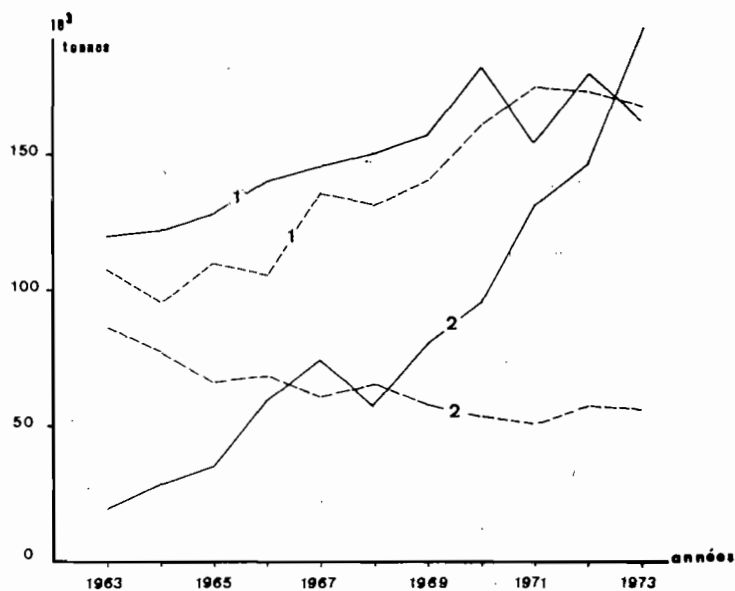


Fig.1 - Production nationale (en pointillés) et importations (en traits pleins, de crevettes aux Etats-Unis (1) et au Japon (2) - (PECKHAM et PATERSON, 1974).

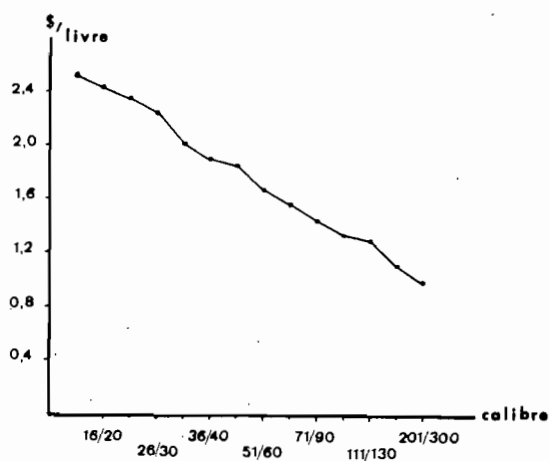


Fig.2 - Prix de gros, à la bourse de New-York, des crevettes congelées importées d'Inde en 1973 (boîte de 5 livres) (PECKHAM et PATERSON, 1974).

A long terme.

Les prix ont augmenté régulièrement depuis 1963, en moyenne de 12 à 13% par an (Fig.3) ; bien qu'une part importante de cette augmentation ait été provoquée par l'inflation, ce taux relativement élevé reflète bien une demande sans cesse accrue (celle du marché japonais principalement).

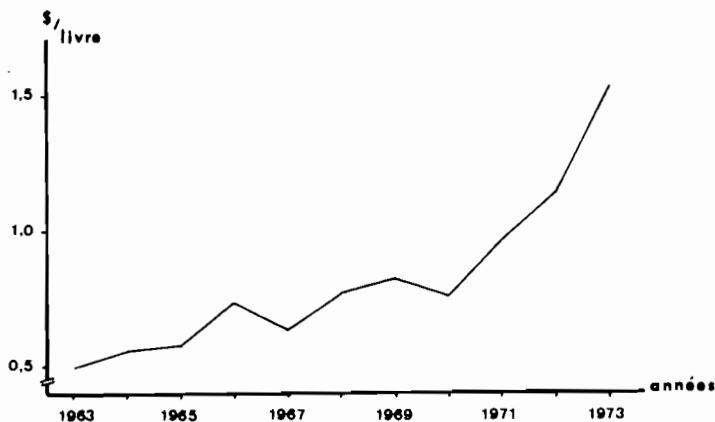


Fig.3 - Evolution du prix moyen à la production aux U.S.A. (moyenne pondérée/tous calibres, poids étêté).

2 - Espèces pêchées à Madagascar

Quatre espèces de crevettes pénéides sont capturées à Madagascar. Ce sont, par ordre d'importance dans les prises de la pêche industrielle :

- *Penaeus indicus* (H.MILNE EDWARDS)
- *Metapenaeus monoceros* (FABRICIUS)
- *Penaeus semisulcatus* (DE HAAN)
- *Penaeus monodon* (FABRICIUS)

Une cinquième espèce, *Penaeus japonicus* (BATE) est également présente mais en très faibles quantités.

Les cinq espèces peuvent être facilement distinguées par leurs caractères anatomiques (CROSNIER, 1965) et leur couleur.

3 - Les zones de pêche

Ainsi que l'exposent CROSNIER (1965) et CHABANNE et PLANTE (1970), le plateau continental malgache est, dans l'ensemble, faiblement développé, sauf dans la région de Fort-Dauphin (banc de l'Etoile) et sur la côte ouest. C'est sur cette dernière que se sont installées, depuis 1967, des pêcheries commerciales de crevettes. Dans la région intéressée, entre l'estuaire du Mangoky et le cap Saint-Sébastien, on peut diviser les zones chalutables en trois ensembles :

a) - les baies, qui sont un élément caractéristique de la morphologie côtière entre les caps St-André et St-Sébastien. Ces baies, souvent profondément enfoncées dans les terres, ont les caractères communs suivants :

- profondeur relativement faible (de 0 à 40 m, avec des pentes faibles),
- nature vaseuse ou sablo-vaseuse des fonds (JOUANNIC, 1973)
- présence d'estuaires et de zones de mangrove bien développés.

L'ensemble de ces caractères en fait un biotope d'élection des crevettes pénelides.

b) - la frange côtière sur des portions de côte rectilignes. Au sud du cap St-André, de même qu'entre Majunga et la baie de la Mahajamba, les fleuves se jettent directement dans la mer, sans formation de baies. Les fonds à crevettes occupent alors une bande parallèle à la côte.

c) - les fonds sableux du précontinent. Situés à des profondeurs plus importantes (de 20 à 70 m), ces fonds de sable sont bordés vers le large par des formations récifales. Des formations coralliennes parsèment aussi le plateau continental et y rendent le chalutage impossible par endroits. Ces fonds sont très pauvres en espèces économiquement intéressantes et en particulière en crevettes, de sorte qu'ils ne sont pas fréquentés par les chalutiers.

En pratique, les chalutiers crevettiers opèrent principalement dans une bande qui s'étend entre les isobathes de 3 à 20 m, c'est-à-dire dans les baies et dans la frange côtière. Les principales aires exploitées sont présentées sur la figure 4.

4 - Distribution des espèces exploitées

4.1. DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE

P. indicus est toujours présent et en moyenne largement dominant dans l'ensemble des zones de pêche. La proportion de cette espèce dans les captures

est généralement plus grande dans les zones situées au nord de Majunga que vers le cap Tanjona ou le cap St-André. Si l'on rapproche ce fait de la diminution des rendements du nord au sud, nous pouvons en conclure (CHABANNE et PLANTE, 1972) que l'aire de répartition préférentielle de *P. indicus* se trouve dans la zone des baies entre Majunga et Port St-Louis.

M. monoceros est pêché dans toutes les zones et constitue un pourcentage très variable des prises. Ce pourcentage varie surtout en fonction de l'heure de pêche (CHABANNE et PLANTE, 1971a). Des rendements parfois élevés et réguliers sont obtenus de nuit dans la baie de Tsimipaika et la zone de Majunga et du cap Tanjona.

P. semisulcatus est régulièrement présent dans les baies du nord ; il se raréfie, puis disparaît vers le sud. Les rendements obtenus de nuit en baie de Tsimipaika et dans la baie de Narendry peuvent être très importants.

P. monodon montre une répartition grossièrement complémentaire de celle de *P. semisulcatus*. Cette espèce est régulièrement présente dans la région du cap St-André et n'est capturée qu'en faible quantité dans les baies du nord¹.

P. japonicus est régulièrement présent, dans les pêches de nuit, dans l'ensemble de la côte nord-ouest, mais en quantité très faible. Les prospections effectuées en 1973 par le "Vauban" dans la baie d'Antongil (côte est de Madagascar) ont cependant permis d'obtenir des rendements appréciables de cette espèce (5-20 kg/h).

4.2. REPARTITION BATHYMETRIQUE

Les chalutiers commerciaux ne pêchent pas à des profondeurs excédant 20 m et en fait, le plus souvent, ils opèrent sur les fonds inférieurs à 15 m. Cette observation est en accord avec les résultats de CROSNIER (1965) sur la répartition verticale des espèces économiquement intéressantes à Madagascar.

P. indicus est, à Madagascar, une espèce très littorale puisque les concentrations maximales se situent entre 4 et 15 m. Après la ponte qui a lieu en mer, les larves vont se développer dans les fleuves, puis les jeunes crevettes migrent vers la mer lorsque leur taille atteint environ 10 cm ; c'est le schéma classique de la migration et du développement des crevettes pénéides. La localisation bathymétrique très étroite s'explique, selon CROSNIER, par l'attrance qu'exercent les eaux fortement troubles sur cette espèce ; la turbidité, lorsqu'elle est assez élevée, leur permettrait de garder une activité diurne. Sur les côtes indiennes (MOHAMED, 1971), on pêche *P. indicus* jusqu'à 50 m ; cette différence s'explique ici par le fait que les fleuves indiens plus puissants, créent des zones troubles propices à des profondeurs plus importantes.

M. monoceros. Tout comme chez *P. indicus*, les post-larves de *M. monoceros* pénètrent dans les estuaires puis, après y avoir séjourné quelques temps, les quittent pour vivre dans la zone intertidale. Plus tard les subadultes tendent à quitter cette zone pour gagner des fonds plus importants où ils se reproduisent ; c'est sur ces fonds que les crevettes sont chalutées (LE RESTE et MARCILLE, 1976 b).

P. monodon. Cette espèce a pu être trouvée depuis la zone intertidale jusqu'à 45 m (CROSNIER, 1965). Cependant, elle n'est abondante que par petits fonds (4 à 8m) et au voisinage des embouchures des rivières.

¹ Une exception : la baie de la Mahajamba, dans laquelle *Penaeus monodon* peut représenter jusqu'à 10% des prises.

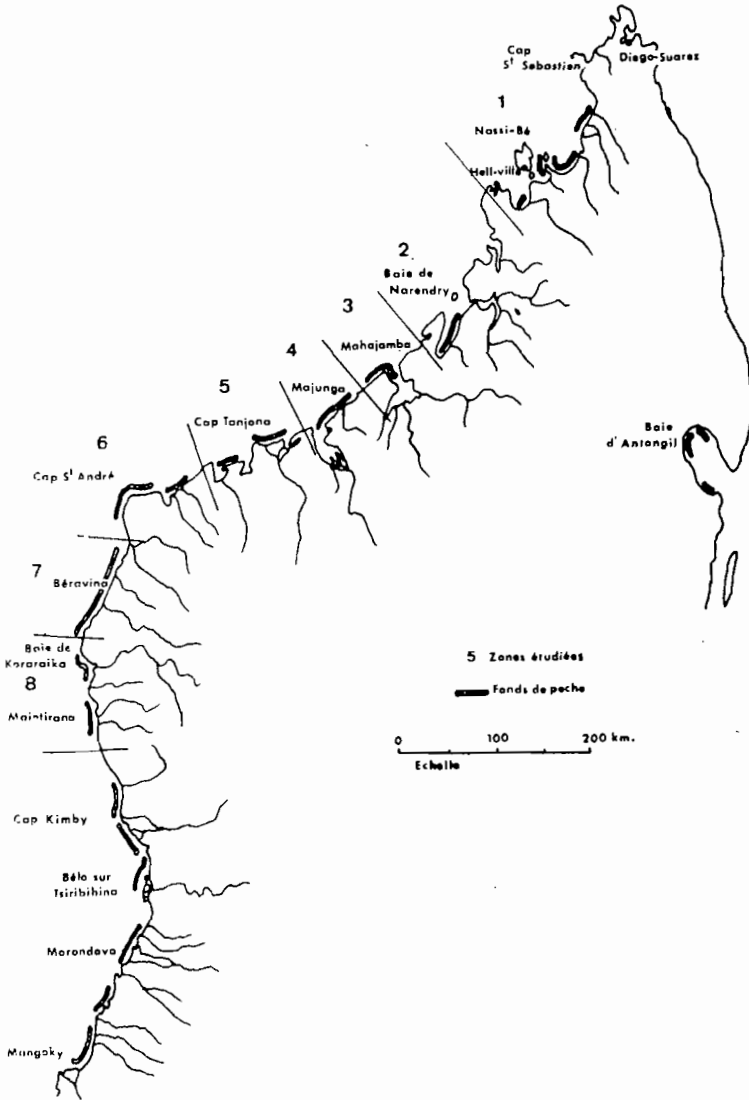


Fig.4 - Zones de pêche crevetteière sur les côtes de Madagascar.

P. semisulcatus est pêché la nuit sur les mêmes fonds que *M. monoceros*, entre 5 et 20 m. L'abondance maximale est obtenue pour ces deux espèces légèrement plus au large que pour *P. indius*.

P. japonicus. Des jeunes ont été capturés par CROSNIER en zone intertidale. En baie d'Antongil, on trouve des adultes sur les fonds de 20 à 25 m. Comme CROSNIER, nous avons observé que les captures de cette espèce sont presque toujours faites sur des fonds assez sableux contrairement aux espèces précédentes qui vivent essentiellement sur les fonds de vase.

5 - Les méthodes de pêche

5.1. LES BARRAGES CÔTIERS

Employés depuis fort longtemps par les malgaches les barrages côtiers sont implantés dans la zone des marées. Un schéma en est donné par CROSNIER (1965). En forme de V ouvert approximativement à 80°, ils ont des côtés de 150 à 300 m chacun composés de poteaux en bois de palétuvier, distants d'environ 80 cm à 1 m. Des lattis de 1 m à 1,50 m de hauteur y sont fixés. Ces lattis sont confectionnés avec des bambous éclatés ; les baguettes sont enfilées dans les ventres de deux cordes torsadées, l'intervalle maximum entre deux baguettes étant d'environ 7,5 mm (LE RESTE, 1971). L'extrémité du V est constituée d'une chambre de capture dans laquelle aboutissent poissons et crevettes. Les barrages sont généralement établis dans des endroits abrités ou à l'embouchure des rivières.

. Avantages et inconvénients de ce type de pêche (CROSNIER, 1965).

"Les principaux avantages de ce mode de pêche sont au nombre de deux: le peu de mise de fond qu'il nécessite et la possibilité d'utiliser des pêcheurs autochtones sans formation préalable".

. Les inconvénients sont cependant nombreux.

"Tout d'abord, les barrages ne sont accessibles que lorsque l'amplitude de la marée est assez forte, soit 14 jours par mois en moyenne. Si l'on ajoute qu'après chaque marée de vives eaux, les lattis sont détachés des poteaux fixes et ramenés au village pour être réparés durant les mortes eaux et qu'il faut les refixer à la marée suivante, on comprend que les barrages ne soient guère en pêche plus de douze jours par mois. Ensuite, durant la saison des pluies, les barrages pêchent mal, car ils sont souvent abimés par les tornades ou les branches et troncs d'arbres emportés par les crues des rivières. Enfin, travaillant dans la zone de croissance des crevettes et étant très peu sélectifs, les barrages détruisent de très nombreuses jeunes crevettes sans valeur commerciale qui, étant donné la croissance très rapide de ces crustacés, se retrouveraient quelques mois plus tard à l'état adulte sur les fonds chalu tables. Signalons également que les crevettes capturées dans les barrages sont toujours fortement imprégnées de vase et s'abiment beaucoup plus rapidement que celles capturées au chalut. Il est indispensable de pouvoir les laver abondamment dans des délais très courts".

Dans certains villages de pêcheurs, en baie d'Ambaro (villages d'Antsatrana et d'Ankazamboro), on a assisté ces dernières années, à un grand développement de ce mode de pêche consécutif à la demande croissante des sociétés commercialisant la crevette (SUMING EXPORT, puis SIPMAD) qui visitent avec des camions frigorifiques les villages pour acheter leur production.

5.2. LES ZONES DE PLAGE

Ce mode de pêche s'est développé à partir de 1969 en baie d'Ambaro, dans la zone située au nord de Port St-Louis. Les sennes ont généralement 100 m sur 4 et un maillage compris entre 10 et 15 mm. La tendance actuelle est cependant à un allongement de ces sennes qui se sont révélées trop courtes. Les mailles relativement petites font que les tailles des individus capturés sont assez similaires à celles enregistrées dans les barrages côtiers (LE RESTE, 1971).

5.3. LE CHALUT

Il permet de capturer essentiellement des crevettes adultes ayant toujours une taille commercialisable (avec la maille actuellement utilisée).

Les crevettiers qui composent la flottille industrielle (43 navires en 1975) sont de conception très variée quant à la puissance motrice, le mode et la capacité de stockage, la jauge, les méthodes de détection utilisées etc.

Bien que quelques navires, à titre expérimental, soient sur le point d'utiliser un gréement de type "TWINE"¹, les gréements ont jusqu'à présent été dans tous les cas de type floridien, c'est-à-dire que la pêche s'effectue au moyen de deux chaluts identiques à pangeaux, tractés aux extrémités de deux tangons situés à babord et tribord. La forme des chaluts (avec ou sans ailes) et leur taille diffèrent suivant les navires et les armements. La longueur de la corde de dos est généralement de 15 à 21 m et celle du bourrelet de 16 à 25 m. Les maillages, qui sont prohibés en dessous de 35 mm, varient de fait entre 33 et 40 mm. L'ouverture verticale estimée des chaluts est de 2 à 3 m.

5.4. CHALUTAGE ARTISANAL

Depuis peu, un chalutage "artisanal" s'est développé au moyen de petites embarcations ("catcheurs") de 7-8 m et 25 CV, tractant un chalut unique de 7 m de corde de dos et 8,50 m de bourrelet et ayant une ouverture supposée de 1 m ; le nombre de ces embarcations est passé de 3 en 1973 à 6 en 1975.

6 - Les sociétés de pêche industrielle

Il existe à Madagascar quatre sociétés effectuant la pêche et le conditionnement des crevettes : ce sont la SOMAPECHE (Société Malgache de Pêche), la GPO (Grande Pêcherie de l'Ouest) devenue en 1975 la FAMAKO, la SIPMAD (Société Industrielle de Pêche de Madagascar) et les Pêcheries de Nosy-Bé. Une

¹ Deux chaluts sont fixés à chacun des deux tangons.

cinquième société, plus petite, SUMING EXPORT, basée à Diego-Suarez, collecte et conditionne une partie des crevettes pêchées par les barrages côtiers de la baie d'Ambaro.

6.1. LA SOMAPECHE

Cette société mixte, à capitaux japonais, malgaches et français, a été créée en 1965, mais n'a débuté vraiment la pêche qu'en 1967 avec six navires à glace. En 1975, elle en possède 13, dont 10 congélateurs de plus de 90 tonneaux de jauge brute. Basée à Majunga, cette société y possède une usine importante disposant d'une fabrique de glace (18 tonnes par jour), de chambres de congélation à -45° (6 à 15 tonnes de capacité de congélation par jour) et de chambres de stockage à -20° totalisant 550 m³. La presque totalité de la production crevettière est écoulée sur le marché japonais par l'intermédiaire de la Taylo Fishery. Environ 10 à 20% de la production sont écoulés sur les marchés malgache, français et réunionnais.

6.2. LA G.P.O., NOUVELLEMENT FAMA KO

Son promoteur était la société libanaise PACKFREEZ. Créée en 1967, elle ne commença vraiment son activité que l'année suivante. Elle possédait, en 1970, huit chalutiers congélateurs de 190 tonneaux, puis 16 en 1971 et 1972 dont huit affrétés ; le nombre de chalutiers autorisés fut ramené à 13 à partir de 1973.

Jusqu'en 1973, cette société n'avait aucune infrastructure à terre et la totalité du conditionnement et du stockage était effectuée à bord des navires. Sous la pression du Gouvernement malgache soucieux de fixer cette entreprise dans la région et afin de favoriser son intégration à l'économie nationale, une usine de traitement (avec chambres de congélation et de stockage) fut construite fin 1973 à Majunga. La GPO écoule ses produits sur les marchés américain, japonais, français et ceux du Moyen-Orient. En 1975, la participation de PACKFREEZ étant rachetée par le Koweït cette société devenait la FAMA-KO.

6.3. LA SIPMAD

La SIPMAD, dont le promoteur est la SOSUMAV (Société Sucrière de la Mahavavy, groupe des sucreries de St-Louis), a été créée en 1966. Cette société, basée à Port St-Louis, possède une infrastructure à terre (usine de traitement, chambres de congélation et de stockage). Jusqu'en 1972, cette société ne possédait que trois navires de 90 tonneaux ; mais la mauvaise gestion de l'entreprise et l'insuffisance technique de son personnel ont eu pour conséquence des activités très modestes (RAKOTOVAHININY, 1971). A cette époque, la prise de participation de la compagnie japonaise KYOKYO et l'apport de ses techniciens permit de développer considérablement cette société qui possédait, en 1974, huit navires congélateurs, dont cinq de 121 tonneaux de jauge brute.

Les produits, essentiellement écoulés sur le marché français avant 1972, le sont maintenant dans leur presque totalité sur le marché américain.

6.4. LES PECHERIES DE NOSY-BE

Cette société à capitaux franco-malgaches, créée en 1970, a été reprise en 1972 par la Société Cotonnière d'Antsirabe. Ses investissements en

mer sont passés de 4 petits glaciers en 1971 à 10 navires en 1975, dont 2 congélateurs ; elle exploite en outre 6 petits catcheurs. Cette société possède à Nosy-Bé une usine de traitement avec congélateurs à plaques, fabrique de glace (14 tonnes par jour) et une chambre de stockage de 400 m³.

7 - Stockage et conditionnement

Nous ne désirons pas, dans le présent chapitre, faire une revue détaillée de toutes les techniques de traitement de la crevette, puisqu'un tel examen nous ferait sortir du cadre déjà suffisamment large de notre étude. Cependant certains aspects de la technologie de la pêche doivent être connus si l'on désire faire l'approche d'une stratégie globale de pêche.

On conçoit aisément que la stratégie de pêche d'un armement sera différente suivant qu'il possède des navires glaciers ne pouvant effectuer que de courtes marées (de 3 à 8 jours) ou des navires usines congélateurs effectuant tout le traitement à bord et pouvant stocker pendant plusieurs mois la crevette à son bord.

7.1. TRAITEMENT A BORD

Selon le moyen de conservation qui équipe le chalutier, glace ou surgélation, le traitement pourra être fait partiellement ou entièrement à bord. Un diagramme (Annexe I) schématise les principales opérations selon leur enchaînement.

La première opération consiste à trier le beau poisson (celui commercialisable). Ce sont principalement les grogneurs (*Pomadourys*), les "bananes" (*Sciaenidae*), les rougets barbets (*Upeneus*), les turbots (*Psettodes*) et les mullets. Les poissons qui ne sont pas de consommation courante soit à cause de leur taille trop petite, soit parce qu'ils ont trop d'arêtes, constituent ce que l'on appelle le "faux poisson" qui est rejeté à la mer¹.

¹ Ce "faux poisson" peut représenter 50 à 70 % des captures totales. Selon D. FRONTIER (1973), il pourrait servir, de même que les céphalothorax de crevette, à la fabrication de nuoc man, susceptible de constituer un apport protéique non négligeable à l'alimentation souvent déséquilibrée des populations malgaches.

Les crevettes sont triées par espèces (mais ceci n'est pas général pour tous les armements) puis lavées abondamment¹.

7.2. LE STOCKAGE

Lorsque les crevettes ne sont pas conditionnées à bord, elles sont entreposées soit en milieu réfrigéré (glace, eau de mer à -2°C), soit surgelées et stockées à -20°C, en attendant d'être débarquées.

Stockage dans la glace².

Le stockage se fait en cale réfrigérée ou non, en vrac ou dans des bacs largement ajourés de sorte que l'eau de fonte s'écoule librement.

Pour une température initiale des crevettes comprises entre 20°C et 22°C, une cale non réfrigérée mais isolée, et 4 jours de stockage, la quantité de glace nécessaire à une bonne conservation varie entre 2 et 3 kg/kg de crevettes (DEFOSSET, comm. pers.).

On peut ajouter du sel pour abaisser la température de la glace. L'adjonction de sel présente le désavantage d'accélérer l'oxydation (donc la mélanose) et de congeler lentement les crevettes, ce qui est préjudiciable à leur texture. L'avantage consiste en un allongement possible de la marée.

Selon DEFOSSET (comm. pers.), un échantillon de *P.indicus* traité par trempage au métabisulfite de sodium à 10% pendant 10 minutes et stocké dans un mélange glace-sel à 4% s'est conservé sans apparition de mélanose pendant 14 jours.

Stockage en eau de mer réfrigérée.

Ce mode de stockage n'est utilisé qu'à bord des chalutiers congélateurs et sert à conserver la pêche en attendant d'être traitée dans les 24 ou 48 heures.

Les bacs à saumure (utilisés à Madagascar sur les navires de la FAMA-KO) ont de 3 à 3,5 m³ et permettent de stocker 1,5 tonnes en eau de mer refroidie³.

¹ Un lavage soigné élimine un pourcentage élevé de bactéries et retarde l'apparition de la mélanose en éliminant les traces de sang. Plusieurs produits chimiques ont été essayés contre la mélanose, en application, par poudrage ou par trempage. Depuis l'interdiction de l'emploi du borax ou de l'acide borique dont l'usage n'est pas sans danger pour les consommateurs, c'est l'anhydride sulfureux sous forme de bisulfites, de métabisulfites ou d'hydrosulfites qui est le plus employé.

² Glace d'eau douce sans sels ni antibiotiques.

³ La conservation en eau de mer réfrigérée réduit les écrasements et le contact avec l'oxygène et, par là, ralentit l'apparition de la mélanose.

Surgélation en vrac et stockage à -20°.

Il existe deux types d'installations qui sont employés par les crevettiers :

a) - La surgélation par air pulsé dans des tunnels de congélation.

C'est le système employé par les navires de la FAMAKO.

b) - La surgélation par immersion dans le monopropylène glycol¹.

Cette méthode est employée à la SOMAPECHE et à la SIPMAD.

7.3. CONDITIONNEMENT

Le conditionnement comprend un certain nombre d'opérations comme l'étêtage, le calibrage, la mise en boîte et la surgélation. Le conditionnement peut être effectué dans sa totalité à bord des navires congélateurs ou à terre dans les usines.

La présentation sous laquelle sont conditionnées les crevettes est liée aux habitudes alimentaires. C'est ainsi que les principaux marchés américain et japonais sont des marchés de crevettes étêtées alors que les marchés européens absorbent aussi une fraction importante des produits sous la forme de "crevettes entières".

Les espèces *M.monoceros* et *P.monodon* sont en grande partie conditionnées sous forme de "crevettes entières", alors que la crevette blanche *P.indicus* et la crevette *P.semisulcatus* sont généralement conditionnées en "queue"².

Le conditionnement complet des crevettes en queues crues congelées est possible à bord des crevettiers congélateurs équipés d'une calibreuse automatique³.

Une fois calibrées, les crevettes sont lavées, mises en boîte, surgelées, puis stockées à -20°C.

¹ Les solutions couramment utilisées contiennent 50% de monopropylène glycol ; elles sont refroidies à -25°C par détente de fréon dans les serpentins équipant la cuve. La surgélation s'effectue en 10 à 12 minutes. Les paniers sont alors retirés, mis à égoutter dans la cale de stockage à -20°C avant d'être entreposés. La surgélation est individuelle et permet donc une décongélation rapide.

² *P.indicus* et *P.semisulcatus* sont plus sensibles à la mélanose que *M.monoceros* et *P.monodon*.

³ Les calibreuses utilisées sont des calibreuses à roulement. Le principe du triage mécanique est basé sur la largeur des deux premiers segments abdominaux. Les queues de crevettes sont amenées par un convoyeur en haut de la calibreuse et tombent sur deux cylindres inclinés tournant en sens inverse. La distance entre les axes des deux cylindres est réglable par deux volants de sorte qu'elle soit plus petite à l'entrée qu'à la sortie de la calibreuse. Les crevettes cheminent en glissant le long des cylindres jusqu'au moment où leur taille coïncide avec l'écartement des rouleaux. Le nombre de tailles que l'on peut sélectionner dépend du nombre de sorties que possède la calibreuse.

Les installations à terre, par leur équipement et leur main-d'oeuvre, ainsi que la surface de travail disponible, permettent un conditionnement plus élaboré et plus varié que celui effectué à bord des chalutiers. Après déglacage/décongélation (par immersion ou par arrosage), les crevettes sont triées, lavées, calibrées, etc ...

Le conditionnement peut se faire sous des formes diverses :

- queues congelées crues
- crevettes entières crues
- crevettes entières cuites
- queues décortiquées crues
- queues décortiquées cuites.

8 - Classification des différentes espèces lors du traitement en usine pour chaque armement

Afin d'évaluer les quantités pêchées par espèce, nous avons eu recours aux fichiers des stocks des divers armements.

La classification des crevettes en catégories commerciales ne correspond pas toujours aux espèces. En outre, suivant les armements, le traitement des crevettes ou l'appellation des catégories peut varier. Nous passerons donc en revue le mode de classement de chacun d'eux.

8.1. SOMAPECHE

Cette société répartit sa production dans cinq catégories principales :

- HL White : crevettes blanches étêtées et calibrées ; comprend exclusivement l'espèce *P.indicus*.
- HL Tiger : cette catégorie comprend un mélange de *P.monodon* et de *P.semisulcatus* étêtées et calibrées. Les gros calibres (de U/5 à 13/15) sont constitués en majorité de *P.monodon*. Les calibres plus petits (de 16/20 à 70/UP) comprennent surtout *P.semisulcatus* ; on peut y trouver cependant quelques *P.japonicus*.
- HL Brown : comprend exclusivement des *M.monoceros* étêtées et calibrées.
- Camarons : *P.monodon* entière.
- Crevettes entières : crevettes de petits calibres constituées en majorité de *M.monoceros*, mais comprenant aussi de petites *P.indicus* ou *P.semisulcatus*.

Notons qu'à ces catégories "d'aspect" peuvent se superposer des catégories de "qualité" suivant l'état de fraîcheur des individus ou le bon état de leur carapace. Le prix de vente, suivant la qualité, sera bien sûr différent, mais ne nous intéresse pas pour ce qui est de l'évaluation des quantités pêchées par espèce.

8.2. FAMAKO

La production est répartie en sept catégories pour l'exportation :

- HL White : *P. indicus* calibré et étêté.
- HL Pink : *M. monoceros* calibré et étêté.
- HL Tiger : *P. semisulcatus* calibré et étêté, avec en outre quelques *P. japonicus*.
- HO : crevettes entières comprenant une majorité de *M. monoceros* avec aussi des petites *P. indicus* et *P. semisulcatus*.
- Tiger HO : comprenant de grosses *P. monodon* non étêtées.
P. monodon étêté, et parfois *P. semisulcatus*.
- Mixed : catégorie pouvant comprendre différentes espèces étêtées et non calibrées.

8.3. SIPMAD

Jusqu'en 1972, les catégories de crevettes étêtées ou entières n'étaient pas séparées par espèce. Les plus petites crevettes étaient parfois conditionnées sous les rubriques suivantes :

- . HO - crevettes entières crues
- . crevettes décortiquées crues
- . crevettes décortiquées cuites

A partir de 1972, les catégories utilisées sont conformes à celles couramment utilisées sur le marché mondial :

- . HL White
- . HL Pink
- . HL Tiger
- . HO
- . et "Camarons"

8.4. PECHERIES DE NOSY-BE

Aucune répartition par espèce n'a été faite jusqu'en 1973. A partir de 1974, les catégories retenues en usine sont les mêmes que celles vues précédemment pour la FAMAKO.

2. la flottille, les captures, les rendements

1 - La flottille de pêche

1.1. EVOLUTION DE LA FLOTILLE

De 1967 à 1969, six petits glaciers travaillaient sur la côte nord-ouest malgache, entre Majunga et Port St-Louis ; cinq autres navires étaient alors basés à Morondava, sur la côte ouest. En 1970, la FAMAKO quitta Morondava pour s'installer à Majunga qui est une base de pêche plus favorable, car située dans une zone plus abritée en toute saison et où les rendements de pêche sont supérieurs. Ainsi, y avait-il, au 31 décembre 1970, 19 navires pêchant sur la côte nord-ouest malgache, correspondant à une puissance motrice totale installée légèrement supérieure à 5.000 CV. Fin 1971, 13 navires supplémentaires travaillaient dans cette même zone doublant ainsi la puissance motrice totale qui passait à 10.500 CV. La répartition des bateaux de la flottille suivant la puissance motrice et le type (congélateurs ou glaciers) est donnée dans le tableau 1. A partir de 1972, certains navires ont été désarmés chaque année, mais d'autres navires neufs sont venus renforcer la flottille qui comprenait 44 unités à la fin 1974. Le nombre est resté le même jusqu'en juin 1975 et correspond à une puissance motrice totale de 15.000 CV environ. La répartition du nombre de navires par armement est la suivante :

- SOMAPECHE	12 (4.200 CV)
- SIPMAD	8 (3.000 CV)
	(arrêt total en juillet 1975)
- FAMAKO	13 (5.200 CV)
- Pêcheries de Nosy-Bé	10 (2.500 CV)

Aucune augmentation nouvelle de la puissance de pêche n'est attendue pour les années 1976 et 1977.

Alors que dans les premières années d'exploitation, l'essentiel de la flottille était composé de petits navires à glace de 150 à 250 CV, les nouveaux navires furent le plus souvent des congélateurs de puissance motrice supérieure, capables donc d'effectuer des marées plus lointaines et plus longues. Certains glaciers ont, en outre, dans ce même but, été aménagés avec des cales réfrigérées.

1.2. CARACTERISTIQUES DES NAVIRES

La taille des navires, leur puissance motrice, la méthode de recherche des bancs, les caractéristiques de stockage des produits sont autant de facteurs qui interviennent directement sur la puissance de pêche réelle des navires. Les caractéristiques des navires qui pêchent ou ont pêché à Madagascar depuis l'installation de l'industrie crevette sont données ci-dessous. Pour avoir plus de précisions sur certains points, le lecteur pourra se reporter au chapitre portant sur la technologie de la crevette et à celui sur l'effort de pêche. Le nombre de navires de chaque type figure entre parenthèses et représente l'ensemble de ceux qui opèrent actuellement ou qui ont pêché dans les années passées.

Puissance motrice en CV	1967 à 1969 *			1970			1971			1972			1973			1974			1975		
	C	G	T	C	G	T	C	G	T	C	G	T	C	G	T	C	G	T	C	G	T
100-200		5	5		5	5		9	9		9	9		8	8		7	7		4	4
200-300	1		1	4	2	6	4	2	6	4	2	6	5	3	8	7	7	14	4	7	11
300-400		5	**	5	8		8	16		16	18		18	15		15	15		15	15	15
400-500										5	5	5		5	7		7	2		2	
>500							1		1	1		1	1		1	1		1			
Total	1	10	11	12	7	19	21	11	32	28	11	39	26	11	37	30	14	44			32

TABLEAU 1 - Evolution du nombre de navires de la flottille au 31 décembre de chaque année.

C = congélateurs

G = glaciers

T = total

- Type 1 (4) : glacier non réfrigéré de 15 m, 160 CV, 40 tonneaux de jauge brute (TJB) prospectant avec un try-net et stockant la crevette entière.
- Type 2 (4) : glacier de 18,7 m, 170 CV, 45 tonneaux de jauge brute (TJB), prospectant avec une loupe à poissons et stockant la crevette entière.
- Type 3 (4) : glacier de 17 m, 260 CV, 50 tonneaux de jauge brute (TJB), prospectant avec un try-net et stockant la crevette entière.
- Type 4 (7) : congélateur de 20 m, 270 CV, 70 à 95 tonneaux de jauge brute (TJB), prospectant avec une loupe à poissons et stockant la crevette entière.
- Type 5 (2) : glacier de 20 m, 340 CV, 90 tonneaux de jauge brute, prospectant avec un try-net et effectuant l'étêtage à bord ; cales réfrigérées.
- Type 6 (16) : congélateur usine de 25 m, 400 CV, 140 tonneaux de jauge brute (TJB), prospectant avec un try-net et la totalité du conditionnement.

* Le nombre de navires est resté constant de 1967 à 1969.

** La production de ces navires n'est pas incluse dans nos statistiques. Ces navires pêchaient de 1967 à 1969 dans la seule région de Morondava.

- Type 7 (2) : congélateur de 29 m, 420 CV, 140 tonneaux de jauge brute (TJB), prospectant avec une loupe à poissons et un try-net, effectuant l'essentiel du conditionnement à bord.
- Type 8 (5) : congélateur de 26 m, 410 CV, 121 tonneaux de jauge brute (TJB), prospectant avec un try-net effectuant à bord l'étêtage mais non la totalité du conditionnement.
- Type 9 (1) : congélateur "usine" de 47 m, 1.200 CV, 314 tonneaux de jauge brute (TJB), muni d'une loupe à poissons et d'un try-net, effectuant la totalité du conditionnement à bord.
- Type 10 (6) : catcheurs glaciers de 7-9 m, 25 CV, 4 tonneaux de jauge brute (TJB), non munis de moyens de recherche.

2 - Récolte des statistiques de pêche

La récolte des statistiques de pêche, base indispensable à toute étude de stock, a été entreprise par le Centre ORSTOM de Nosy-Bé, avec la collaboration active du Service des Pêches Maritimes, dès le début de l'exploitation du stock (CHABANNE et PLANTE, 1970). Le modèle de fiche utilisée est donné sur la figure 5. Les renseignements recueillis concernent les quantités pêchées et le temps de chalutage dans chaque zone de pêche, avec indication de la profondeur. Ces fiches nous sont fournies soit directement par les armements, soit par les patrons de pêche eux-mêmes. Chaque armement était, en principe, tenu de fournir ce type de fiches, sous peine de se voir retirer ses licences de pêche. Chaque fiche, outre les dates de voyages, comporte la demande de divers renseignements qui sont :

2.1. LES QUANTITES PÊCHÉES

Elles sont indiquées, soit en kilogrammes de crevettes entières, soit en livres de crevettes étêtées ou entières. Elles ont toujours été ramenées en kilogrammes de crevettes entières. Parfois, les capitaines n'indiquent que le nombre de bacs pêchés, la quantité pêchée n'était alors évaluée qu'une fois la pesée réelle effectuée en usine. Bien que nous ayons demandé avec insistance aux patrons des statistiques ventilées par espèce (white, pink, brown ou tiger), celles-ci ne nous ont été fournies que très rarement. Seules, donc, les captures globales sont indiquées sur les fiches de pêche. De la même façon, les quantités de poissons pêchés ne sont pratiquement jamais enregistrées (ces poissons sont le plus souvent rejetés à la mer ou gardés en partie par l'équipage).

2.2. LA SONDE

Elle n'est que rarement indiquée sur les fiches. Nous savons cependant que la pêche s'effectuait toujours entre 5 et 20 m (l'amplitude des marées atteint 4 m à Nosy-Bé).

2.3. HEURE DE DEBUT DE CHALUTAGE - DUREE DU TRAIT

La durée des traits est indiquée pour toutes les fiches par contre, l'heure de début de chalutage n'est pas toujours notée ce qui fait qu'il nous est difficile, alors, de connaître avec certitude les traits effectués de jour ou de nuit. Cependant, certains armements (SOMAPECHE) ne pêchent que peu la nuit, alors que d'autres (SIPMAD) chalutent de façon presque continue en moyenne une vingtaine d'heures par jour. Les navires de la FAMAKO ou des Pêcheries de Nosy-Bé ne travaillent que très peu la nuit au premier semestre (saison d'abondance de *P. indicus*) et le font par contre lorsque les rendements en *P. indicus*, pendant la journée, sont devenus très faibles.

2.4. LES ZONES DE PECHE

Dès le début, un système de codage des zones de pêche avait été proposé par CHABANNE et PLANTE. En fait, chaque armement préférait utiliser son propre système de codage afin de garder le plus longtemps possible le secret sur les zones où il obtenait les meilleurs rendements. La nécessité du décodage compliquait singulièrement la tâche et ce n'est qu'en 1973 qu'un système unique a pu être mis en place pour l'ensemble de la pêcherie (système de carroyage de 10 milles de côté adopté jusqu'alors par la seule SOMAPECHE). En 1974, le système de codage de la FAO fut imposé aux armements par le Service des Pêches. Ce nouveau système, bien qu'étant standard et "international" est cependant plus complexe et peu apprécié des pêcheurs qui font donc plus d'erreurs en remplissant leurs carnets. Parfois, la zone de pêche n'est pas indiquée sur les fiches ; on l'estime alors à partir des zones exploitées ce jour-là par les navires du même armement (les navires travaillent souvent en groupe) ou, si elle est indiquée, à partir de la zone exploitée le jour précédent ou le jour suivant.

2.5. FICHES PARTICULIERES

Certains navires (ceux de la FAMAKO) ne nous fournissent pas de rapports de pêche complets avec indication des temps de chalutage. Leur rapport nous est donné sous forme de fiche de production journalière par catégorie de tailles et par bateau suivant le modèle indiqué sur la figure 5a. En 1970, nous n'avons obtenu de cet armement aucune indication sur les zones de pêche.

A partir de 1971, les zones furent indiquées la plupart du temps, mais dans aucun cas nous n'avons pu avoir le temps exact de chalutage ni savoir si la pêche avait eu lieu le jour ou la nuit. Malgré ces insuffisances dans la nature des données relatives à l'effort de pêche, les statistiques de la FAMAKO concernant la ventilation des prises par calibre et par zone s'avèrent d'une grande utilité pour l'étude des stocks. En conclusion, nous insisterons sur le fait qu'à Madagascar, la totalité des tonnages pêchés dans chaque zone est connue et ceci, depuis le début de l'exploitation industrielle, ce qui est essentiel pour aborder une étude du stock.

2.6. STATISTIQUES DE PRODUCTION "USINE"

Alors que les statistiques de pêche sont par définition celles fournies par les patrons des chalutiers eux-mêmes, les statistiques de production concernent les quantités de crevettes qui vont être effectivement commercialisées.

sées. Les premières sont estimées la plupart du temps en kilogrammes de crevettes entières ou ramenées à cette unité par un coefficient approprié. Les statistiques de production sont celles que nous avons pu nous procurer auprès des usines qui procèdent au conditionnement, une fois celui-ci effectué ; elles concernent chaque catégorie de crevettes (pink, white, tiger, brown) et les modes de conditionnement qui peuvent être très divers (crevettes cuites ou crues, étêtées ou entières, calibrées ou en vrac). Lorsque les crevettes pêchées ont été stockées trop longtemps ou avec trop peu de glace l'usine les rejette avant le conditionnement. Ces quantités, qui peuvent atteindre 5 à 10% (TANABE, comm. pers.) ne sont pas enregistrées sur les fiches de production qui donnent par conséquent toujours une sous-estimation des quantités réelles pêchées.

L'avantage des statistiques obtenues à l'usine est qu'elles nous permettent d'avoir une estimation, grossière il est vrai, de la proportion de chaque espèce, ainsi que de la proportion de chaque calibre pour une espèce donnée. Bien que ces données soient d'un très grand intérêt pour les études de stocks, nous n'avons malheureusement pas pu nous les procurer dans leur totalité pour chaque armement. Les fiches de production "usine" obtenues représentent, en 1974, 62,4% des quantités pêchées ; cette "fraction échantillonnée" est considérée comme représentative de l'ensemble des captures et nous permet d'évaluer les quantités totales pêchées par espèce.

3 - Évolution des captures totales

Les quantités totales débarquées (pêche industrielle plus pêche artisanale) ont été en constante augmentation de 1967 à 1973, année pour laquelle elles atteignaient 5.057 tonnes (exprimées en crevettes entières). En 1974, cependant, les débarquements n'ont atteint que 4.666 tonnes malgré un effort de pêche accru. 95% des captures sont effectués par la pêche industrielle et le reste, 5%, par la pêche artisanale des barrages côtiers (Tableaux 2 et 3).

3.1. PECHERIE INDUSTRIELLE

Captures totales (Fig.6).

Les tonnages pêchés se sont accrus jusqu'en 1973 où ils sont évalués à 4.784 tonnes. Les évaluations sont faites à partir des fiches de pêches des chalutiers, pour les sociétés SOMAPECHE, SIPMAD et Pêcheries de Nozy-Bé ou des fiches de production journalière pour la FAMAKO. Lorsque les poids sont exprimés en crevettes étêtées, nous les transformons en équivalent entier en les multipliant par 1,62. Ceci introduit évidemment des erreurs puisque les relations entre le poids total et le poids de la queue varient suivant les espèces et, pour une même espèce, suivant la taille des individus. Pour *M.monoceros*, ce coefficient varie entre 1,63 et 1,76, et pour *P.indicus* entre 1,57 et 1,69. Il reste plus constant chez *P.semisulcatus* ne variant que de 1,57 pour les plus petites crevettes, à 1,61 pour les plus grosses (LE RESTE, MARCILLE et BARBE, 1974). Les erreurs introduites ainsi nous paraissent cependant négligeables, en regard de la source d'erreur et de biais essentielle, à savoir les rejets.

Jusqu'en 1970 et 1971, lorsque les rendements étaient encore très élevés, il n'était pas rare que les navires usines aient, surtout de février à mai, deux ou trois tonnes de crevettes sur le pont. Ils s'arrêtaient alors de pêcher pour traiter les produits ; cependant, le manque de main d'oeuvre embarquée faisait que, le traitement durant trop longtemps une importante partie de

	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
Janvier	24	106	115	264	169	329	199	240	277
Février	14	148	157	289	422	545	594	583*	278
Mars	28	145	175	334	541*	643*	788*	538	1.052*
Avril	54	200	194	335	391	488	695	477	619
Mai	140	94	168	425	458	622*	505	505*	601
Juin	132*	166*	203	294	585*	614	416	414	456
Juillet	89	127	209*		458	436	436	419	364
Août	67	90	162	770	330	309	369	372	296
Septembre	61	98	66		223	245	258	316	277
Octobre	88	56	35		177	191	183	238	176
Novembre	39	57	58	337	142	169	171	162	131
Décembre	41	84	103		198	104	170	180	231
Total	777	1.376	1.645	3.048	4.094	4.695	4.784	4.444	4.758

TABLEAU 2 - Captures mensuelles de la pêche industrielle pour l'ensemble des zones, de 1967 à 1975.

la pêche devait être rejetée, car les têtes avaient noirci, les queues devenaient molles ou l'odeur mauvaise. Il est très difficile d'évaluer ces quantités, mais elles ont certainement pu atteindre en 1970 et 1971 de 100 à 200 tonnes. Depuis 1971, bien que quelques rejets puissent se produire encore, ils ont certainement fortement diminués car la crevette est plus rare. En outre, les tris se font de manière plus complète sur le pont. Alors que les plus petites crevettes étaient, jusqu'en 1971 souvent rejetées à la mer de façon systématique, elles sont depuis 1975 triées pour être conditionnées dans les catégories HO.

Donc, jusqu'en 1971 ou 1972, les captures réelles de crevettes prélevées sur le stock sont peut-être légèrement sous-estimées ; depuis 1973 cependant, l'importance des rejets est bien moindre et ils peuvent être négligés.

En 1974 les captures sont en légère diminution, puisqu'elles n'ont atteint que 4.440 tonnes ; elles se sont légèrement accrues à nouveau en 1975 : 4.758 tonnes.

* Mois où sont observés les pics de production.

1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
50	60	45	95	185	155	268	273	222

TABEAU 3 - Estimation des captures totales de la pêche artisanale en baie d'Ambaro (en tonnes).

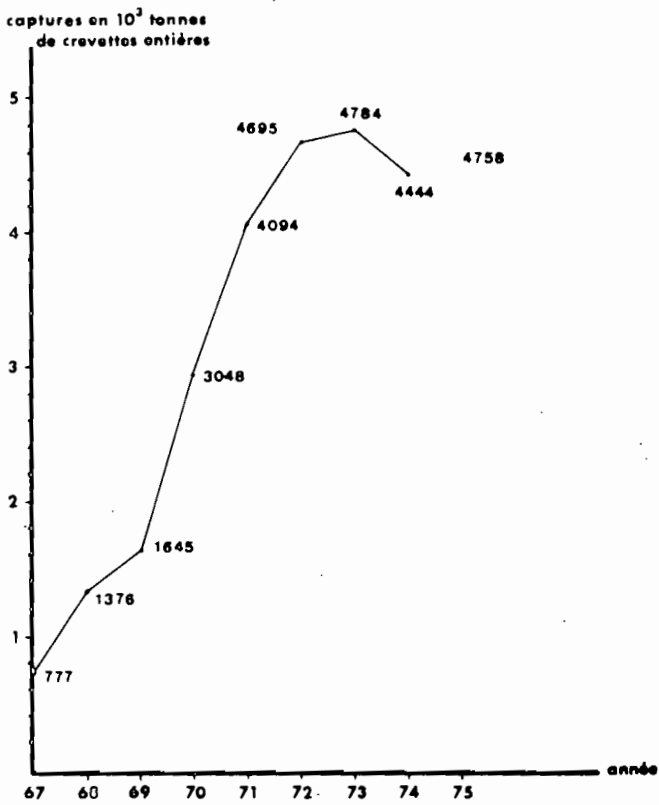


Fig.6 - Evolution des captures annuelles de la pêche industrielle crevettière à Madagascar.

Captures mensuelles.

Jusqu'en 1970, les captures mensuelles des chalutiers étaient assez constantes de février à août (Tableau 2), puis accusaient une chute très sensible de septembre à janvier. En 1971 et 1972, on observait par contre, de façon très distincte, deux pics de production, l'un en mars, l'autre en juin. Le premier correspondait à un maximum de production dans les zones 1 à 4, le second à un maximum de production dans les zones 5 et 6 dont l'exploitation intensive ne débutait alors qu'en mai. En 1973, la courbe de production a accusé un premier pic encore accru en mars-avril, alors que le second n'apparaît plus. Les tonnages pêchés d'août à septembre sont restés remarquablement constants d'une année à l'autre malgré un effort de pêche plus grand chaque année. En 1974, le premier pic de janvier-février apparaît encore, mais il est beaucoup moins net qu'en 1973. A partir de mai, les captures totales diminuent régulièrement jusqu'en novembre, passant de 500 tonnes/mois à 150 tonnes/mois pour l'ensemble de la flottille. En 1975, après un pic très élevé en mars, les prises diminuent progressivement jusqu'en novembre.

3.2. PÊCHERIE ARTISANALE OU TRADITIONNELLE

Captures totales.

Nous ne possédons des statistiques relativement précises de la pêche artisanale qu'en baie d'Ambaro (zone 1). Partout ailleurs, l'absence de circuits de commercialisation structurés ne permet pas de faire une évaluation, même grossière, des captures, mais laisse cependant supposer que les quantités pêchées ne sont pas très importantes.

Les captures de la pêcherie artisanale (Tableau 4) en baie d'Ambaro ont été en constante augmentation de 1967 à 1973, année où elles ont atteint 273 tonnes. En 1974, les prises sont en nette diminution atteignant seulement 222 tonnes. La pêche qui s'effectue soit au filet (sennes de plage), soit par des barrages côtiers (valakira), est constituée presque exclusivement de *P.indicus* (93%) et *P.monodon* (7%)¹.

Les prises indiquées dans le tableau 3 correspondent aux quantités récoltées par les circuits commerciaux dont nous possédons les statistiques (Sociétés SUMING, SIPMAD, Pêcheries de Nosy-Bé). A ceci, il convient d'ajouter les ventes locales expédiées sur Vohémar, Sambava, Diego-Suarez, principalement en saison sèche du fait du mauvais état des routes le reste du temps. Ces ventes locales peuvent être évaluées à 35 ou 40 tonnes par an.

Captures mensuelles.

L'évolution des captures mensuelles est donnée pour les années 1973 et 1974 sur la figure 7.

Les captures maximales sont obtenues de mars à juillet. Le fait que les captures totales en 1973 soient restées importantes tendrait à montrer que le recrutement de *P.indicus* en baie d'Ambaro n'a pas été influencé par l'accroissement des captures de la pêcherie industrielle. En 1974, on observe aussi deux pics nets, l'un de mars à mai et l'autre en juillet. Les captures totales sont cependant plus faibles que l'année précédente et laissent supposer que le recrutement de *P.indicus* a été moins important cette année-là.

¹ Les barrages côtiers capturent en outre un grand nombre de poissons.

Il est intéressant de noter qu'en baie d'Ambaro, les captures de *P. indicus* par la pêche artisanale restent importantes en juin-juillet, alors que toute pêche industrielle sur cette même espèce cesse pratiquement dans cette baie à la même époque. Ceci illustre donc parfaitement les observations faites par LE RESTE (1973a), à savoir que la cohorte pêchée par les barrages côtiers en juin-juillet reste dans la zone intertidale et n'est que peu recrutée dans la zone intéressant la pêche industrielle.

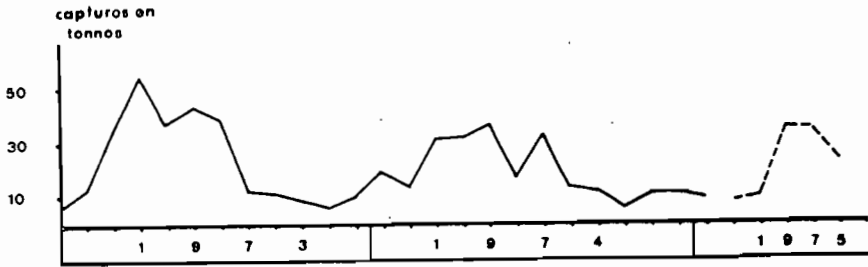


Fig. 7 - Evolution des captures mensuelles de la pêche artisanale en baie d'Ambaro.

3.3. PÊCHERIE SEMI-ARTISANALE

Nous appelons pêche semi-artisanale celle effectuée à partir de très petites embarcations (catcheurs). Celle-ci se développe actuellement dans la baie d'Ambaro. Le faible tirant d'eau de ces embarcations de 7 m et 25 CV qui pêchent au chalut, leur permet de travailler tantôt au milieu de la flottille industrielle en début de saison, quand la crevette est sur les fonds de 5 à 15 m, tantôt dans la zone intertidale et dans la zone des valakiras, pendant la saison sèche, quand la crevette est plus près de la côte. En 1973, les captures des catcheurs ont avoisiné 30 tonnes et 60 tonnes en 1974. L'évolution de leurs rendements au cours de l'année est donnée sur la figure 8.

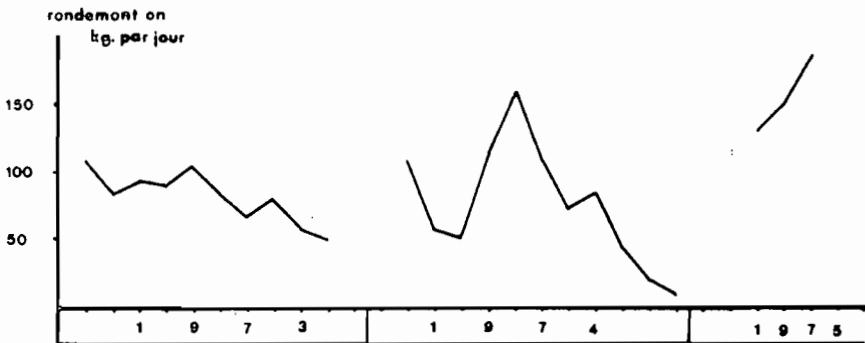


Fig. 8 - Rendements mensuels moyens des "catcheurs" en zone 1 (kg/jour).

4 - Évolution des captures par espèce

L'estimation des quantités pêchées pour chaque espèce a été effectuée en utilisant les fichiers des stocks des divers armements ; aucune ventilation n'a pu donc être faite par zone de pêche. Toutes les quantités ont été ramenées à la même unité, soit le kilogramme de crevettes entières. Certains armements ne fournissent pas de ventilation par espèce (ou plutôt par catégorie commerciale standard). Nous n'avons donc pu utiliser qu'une partie de ces fichiers. Ceux-ci peuvent être considérés comme la "fraction mesurée" sauf que, comme il n'y a pas eu prélèvement aléatoire, il n'est pas possible de calculer de variance. En d'autres termes on ne peut appliquer les tests statistiques puisque ces échantillons sont obtenus sans tenir compte des impératifs qui découlent de la théorie de l'échantillonnage ; nous indiquons sur le tableau 4 le pourcentage du poids total pêché qu'ils représentent, et l'estimons représentatif de l'ensemble.

Espèces \ Années	Années						
	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
<i>Penaeus indicus</i>	1548 94,0%	2808 92,1%	3499 85,4%	3770 80,3%	3180 66,5%	2982 67,1%	
<i>Penaeus semi-sulcatus</i>	18 1,1%	63 2,1%	64 1,6%	86 1,8%	281 5,9%	484 10,9%	
<i>Penaeus monodon</i>	24 1,4%	42 1,4%	102 2,5%	123 2,6%	128 2,7%	128 2,9%	
<i>Metapenaeus monoceros</i>	56 3,4%	135 4,4%	429 10,5%	726 15,2%	1199 25,0%	850 19,1%	
Captures totales	1646	3048	4094	4695	4784	4444	4758
Fraction mesurée en %	31,58	79,52	74,29	58,59	51,68	62,43	

TABLEAU 4 - Composition des prises totales en kilogrammes par espèce de 1969 à 1974.

4.1. RESULTATS GLOBAUX PAR ESPECE

La ventilation par espèce et l'évolution de la proportion des différentes espèces dans les captures sont représentées dans le tableau 5.

Zones		Années			
		1971	1972	1973	1974
1	HL	94,05	84,42	83,88	83,91
	HO	5,40	14,65	16,02	15,28
	THO	0,56	0,93	0,10	0,81
2	HL	77,31	78,49	81,97	86,34
	HO	17,96	18,10	17,96	10,07
	THO	4,74	3,40	0,15	3,59
3	HL	88,09	86,62	86,22	84,51
	HO	4,26	10,42	12,60	5,78
	THO	7,65	2,97	1,17	9,71
4	HL	85,51	88,75	70,02	70,42
	HO	10,00	9,89	28,72	27,04
	THO	4,48	1,36	1,27	2,54
5	HL	74,70	62,53	68,53	72,78
	HO	18,71	32,96	29,32	23,50
	THO	6,60	4,52	2,15	3,71
6	HL	80,62	77,59	75,75	78,16
	HO	8,66	17,17	20,23	16,33
	THO	10,71	5,24	4,01	5,51
7	HL	94,87	79,16	84,78	81,15
	HO	3,61	7,68	11,88	11,00
	THO	1,62	13,17	3,34	7,85
8	HL	87,37	79,02	75,66	79,94
	HO	8,82	17,85	22,49	8,08
	THO	3,81	3,13	1,85	11,98

TABLEAU 5 - Pourcentage des différentes catégories de crevettes pêchées dans chaque zone (données FAMAKO).

HL = *P.indicus* + faible pourcentage de *P.semisulcatus* et *P.monoceros*.

HO = *M.monoceros* + petites *P.indicus*.

THO = *P.monodon* + faible pourcentage de *P.semisulcatus*.

- En 1969 et 1970 plus de 90% des captures sont composées de *P.indicus* ; il en était sans doute de même en 1967 et 1968 bien qu'aucune estimation exacte n'ait pu être faite pour ces deux années (cependant l'effort de pêche ayant été appliqué surtout pendant la journée, la proportion de *P.indicus* était certainement très élevée). En 1971 et 1972 la proportion de *P.indicus* était certainement très élevée). En 1971 et 1972 la proportion de *P.indicus* diminue, bien que le tonnage ait encore progressé ; en 1973 et 1974 les captures de cette espèce ne représentent plus que 67% des quantités débarquées et marquent un net fléchissement.

- Les prises de *P.monodon* sont en constante augmentation de 1969 à 1974 ainsi que leur proportion dans les captures totales qui est passée de 1,4 à 2,9%. Les captures totales restent cependant faibles (128 tonnes en 1974) et paraissent plafonner à ce niveau depuis 1972.

- Les captures de *M.monoceros* et *P.semisulcatus* faites essentiellement de nuit ont été en très nette augmentation à partir de 1971 et 1972 et surtout en 1973 et 1974. Ceci est la conséquence de la forte progression de l'effort de pêche appliqué la nuit dans l'ensemble des zones de pêche. Les captures de *M.monoceros* sont passées de 56 tonnes en 1969 à 1.200 tonnes en

1973, année où elles représentent 25% des captures totales. Durant la même période les prises de *P. semisulcatus* sont passées de 18 à 278 tonnes. En 1974 les captures de *M. monoceros* ont été plus faibles que l'année précédente (850 tonnes soit 19% du total) alors que la proportion de *P. semisulcatus* s'est encore accrue atteignant près de 11% pour 484 tonnes débarquées. *P. semisulcatus* est donc la seule espèce dont les captures ont augmenté notablement en 1974 ; ceci peut s'expliquer par un effort de pêche accru, la nuit, dans la baie de Tsimipaika et surtout dans la baie de Naran-dry jusqu'alors exploitée presque exclusivement pendant la journée.

Aucune ventilation des prises par espèce n'a pu être obtenue pour l'année 1975.

4.2. EVOLUTION DES POURCENTAGES DES DIVERSES CATEGORIES DE CREVETTES AU COURS DE L'ANNEE PAR ZONE ET POUR L'ENSEMBLE DES ZONES DE PÊCHE

Les quantités pêchées pour chaque espèce de crevette ne nous étant pas fournies par zones de pêche il nous est difficile d'estimer la composition réelle des prises pour chacune des zones étudiées. Des statistiques de la FAMA-KO (Tableau 5 et Fig.9) il apparaît cependant que *P. indicus* est partout la principale espèce pêchée. Très abondante de janvier à juillet, cette espèce disparaît presque totalement des prises à partir de septembre, tout au moins dans les zones situées au nord de Majunga.

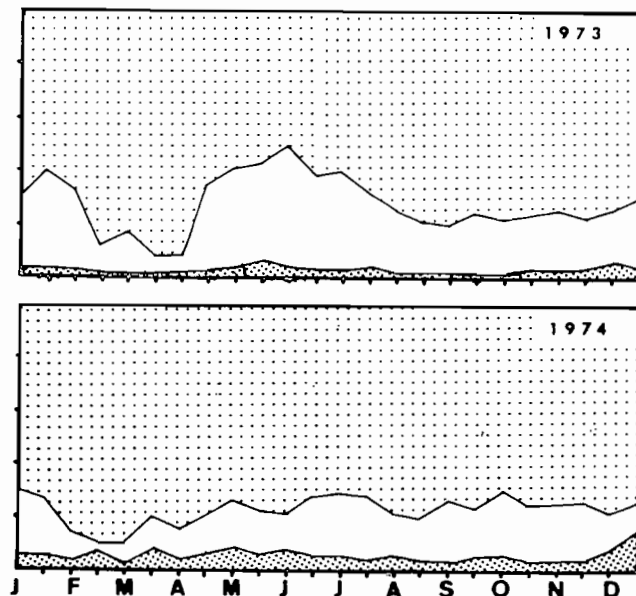
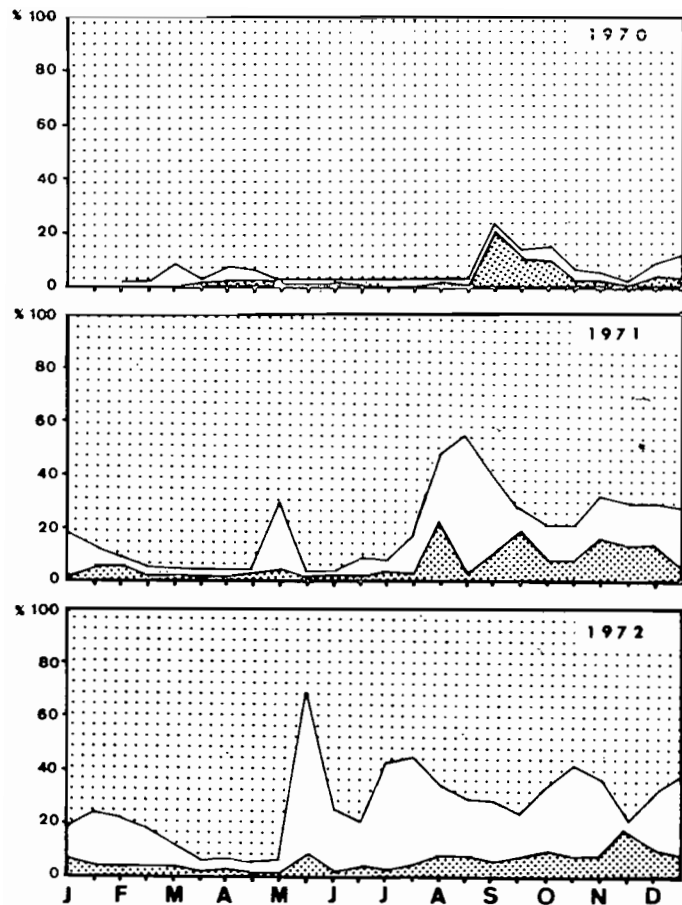
L'espèce *P. monodon* (catégorie THO) est surtout abondante dans les zones proches du cap St-André et sur la côte ouest où elle représente de 5 à 10% des prises, cette espèce est aussi abondante en baie de Mahajamba ; dans toutes ces zones, on la pêche en faible quantité mais de façon continue tout au long de l'année.

P. semisulcatus est surtout abondante dans les baies du nord (baie d'Ambaro, de Tsimipaika et de Naran-dry) à partir de juin ; elle peut représenter plus de 50% des captures effectuées la nuit. Plus rare dans la zone de Majunga elle est pratiquement absente au cap St-André et sur la côte ouest.

Le pourcentage de la catégorie HO dans les prises de la FAMA-KO donne une bonne estimation de l'abondance relative de *M. monoceros* pour différentes zones. Cette espèce est particulièrement abondante en baie de Tsimipaika et dans les zones de Majunga et du cap Tanjona où elle représente sur l'ensemble de l'année plus de 20% des prises. Les captures de cette espèce sont généralement faibles de janvier à juin et deviennent très importantes à partir de juillet.

5 - Structure par catégorie de taille des différentes espèces pêchées et évolution du calibre moyen

Les catégories de taille que nous examinons ici sont les calibres ; chaque calibre est défini par le nombre moyen de queues de crevettes par livre anglaise. La ventilation des captures par catégorie et par calibre a été obtenue pour une partie au moins des prises. La répartition des différents calibres peut donc être examinée soit globalement chaque année soit mois par mois, ce qui permet de voir comment évolue la structure de la population pêchée au cours de l'année. Un calibre moyen annuel a été calculé afin de pouvoir suivre avec un indice unique la composition en taille des captures.






-  CATEGORIE H.L. (headless)
-  CATEGORIE H.O. (head on)
-  CATEGORIE T.H.O. (tiger head on)

Fig.9 - Evolution de la proportion des diverses catégories de crevettes pêchées au cours des années 1970 à 1974 (à partir des données de la FAMAKO).

5.1. CALIBRES GLOBAUX ANNUELS ET EVOLUTION DU CALIBRE MOYEN

P. indicus.

La structure globale des débarquements de la "SOMAPECHE" est donnée pour les années 1970 à 1974 (Fig.10), toutes zones de pêche mélangées. Les proportions en poids des différents calibres sont estimées à partir de la totalité des prises de cet armement en 1970 et 1971 et à partir d'une fraction seulement de ceux-ci pour les années suivantes¹.

Nous voyons qu'en 1970, les calibres 21/25 à 31/40 sont les plus abondants ; en 1971 et 1972, la proportion des calibres 41/50 à 61/70 augmente; ceci provient de l'augmentation de l'effort de pêche en début de saison au moment du recrutement principal. En 1973 et 1974 on observe à nouveau une augmentation des petits calibres (grosses crevettes), provenant au moins en partie, de l'effet de la fermeture de la pêche au moment du recrutement des jeunes individus² ; on observe deux pics pour les calibres 41/50 et 21/25.

Si nous examinons le calibre moyen annuel (Fig.13a) nous voyons qu'il augmente de 1970 à 1972 c'est-à-dire que la taille moyenne des crevettes diminue. Le calibre moyen qui est de 38,23 en 1969 et 34,11 en 1970 passe à 45,27 en 1972. La diminution des tailles n'a rien d'anormal dans une pêcherie qui se développe ; la baisse du calibre moyen en 1973 peut par contre paraître surprenante puisque l'effort de pêche et donc sans doute la mortalité par pêche s'est encore accrue. Cette augmentation de la taille moyenne des crevettes peut avoir plusieurs causes :

a) - comme nous l'avons dit précédemment la fermeture de la pêche dans les zones situées au nord de Majunga en janvier a entraîné une chute importante des prises de jeunes individus pendant leur phase de recrutement (LE RESTE et MARCILLE, 1973).

b) - une plus grande proportion de *P. indicus* provient en outre des zones 6 et 7 dans lesquelles les calibres moyens sont généralement plus faibles.

La diminution des calibres moyens observés en 1973 s'est confirmée en 1974 bien que la fermeture de la pêche au moment du recrutement ait été un peu moins longue. Les calibres de la SOMAPECHE sont passés de 37,86 à 36,97, ceux de la FAMAKO de 40,50 à 38,53. Pour cette année, aux raisons a et b vues plus haut s'ajoute une troisième possibilité :

c) - la faible pluviosité observée en 1974 a entraîné un fléchissement des rendements pendant les 4 premiers mois de l'année au moment du principal recrutement ; une plus grande proportion d'adultes a donc pu être capturée les mois suivants.

¹ Nous n'avons aucune information pour les navires de cet armement qui effectuent la totalité du conditionnement à leur bord.

² Des périodes de fermeture de la pêche ont été décidées par le Service des Pêches de Madagascar depuis 1973. Les dates de ces fermetures qui ne concernent que les zones situées au nord de Majunga sont les suivantes :

du 15.12.72 au 15.02.73
 du 1.12.73 au 30.01.74
 du 1.01.75 au 30.02.75

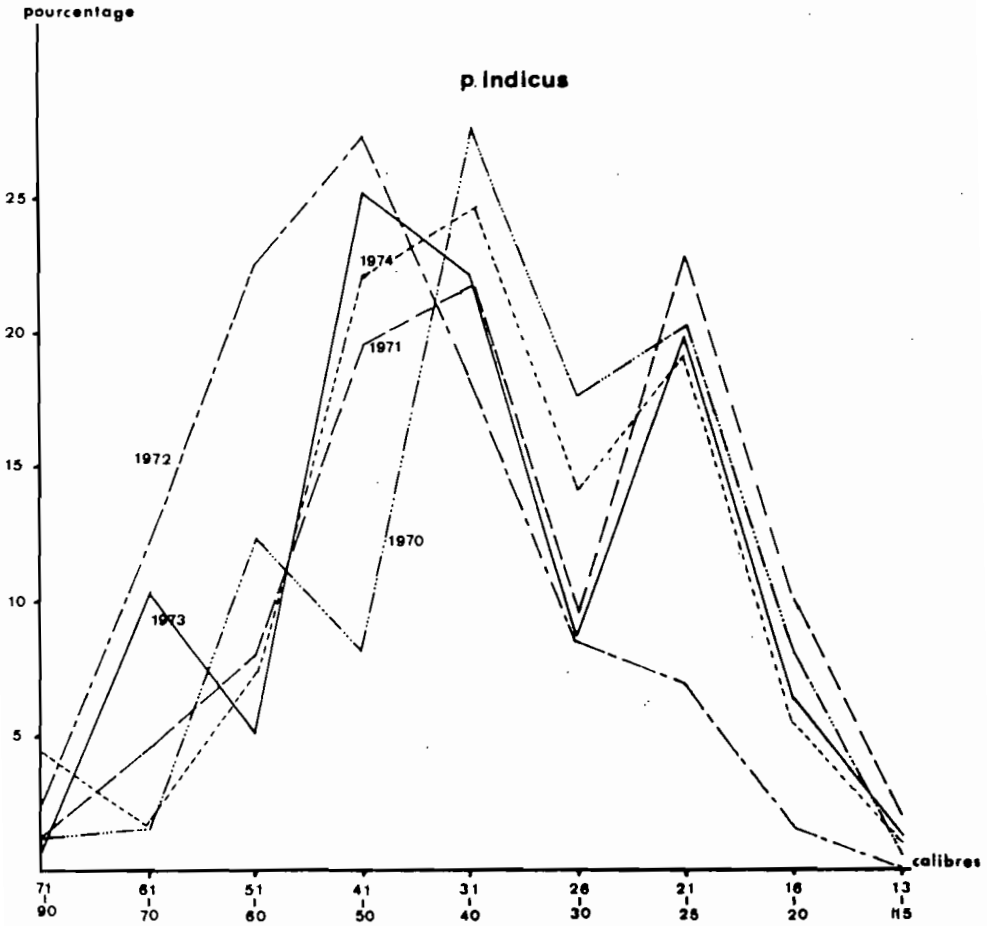


Fig.10 - Abondance relative des différents calibres (en poids) de la catégorie white de la SOMAPECHE - 1970-1974.

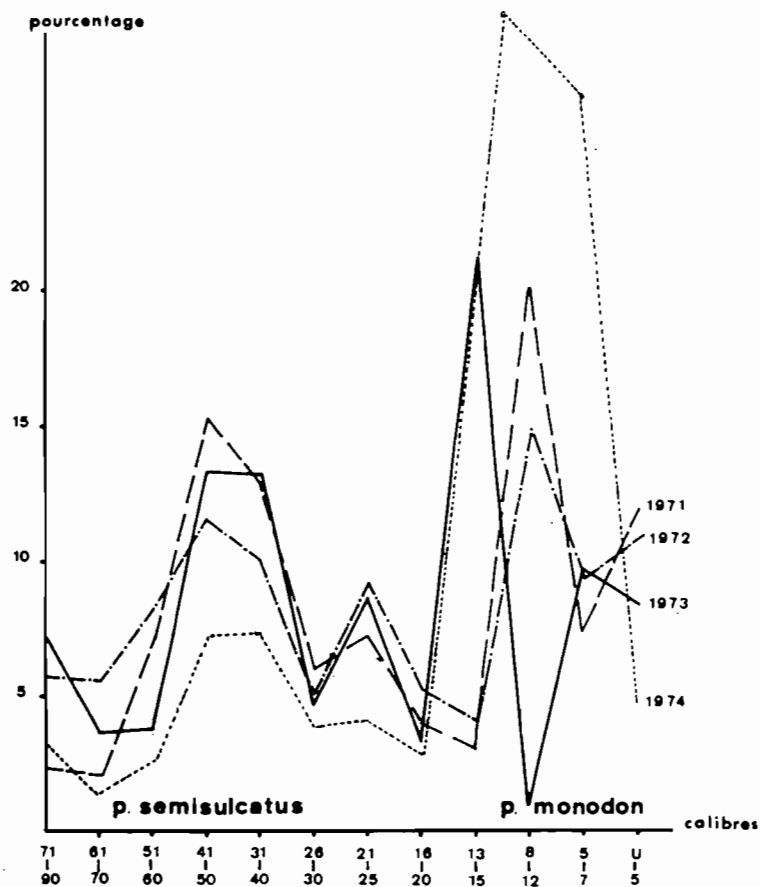


Fig.11 - Abondance relative des différents calibres (en poids) de la catégorie "Tiger" de la SOMAPECHE - 1970-1974.

P. semisulcatus.

Les fiches de stock de la société SOMAPECHE incluent les deux espèces *P. semisulcatus* et *P. monodon* dans une même catégorie d'aspect : "Tiger". La proportion en poids des différents calibres est donnée sur la figure 11. La presque totalité des calibres 13/15 et inférieurs est en fait constituée de *P. monodon* la plus grosse des deux espèces.

L'évolution annuelle du calibre moyen de *P. semisulcatus* est donnée (Fig.13b) ; il a apparemment fortement augmenté de 1970 à 1974, puisqu'il passe de 29,7 à 41,2. En fait cette augmentation du calibre ne peut être liée directement à l'augmentation de la mortalité par pêche.

Jusqu'en 1970 *P. semisulcatus* n'est pas vraiment recherché et ses captures n'ont lieu qu'entre août et novembre, période où le stock est essentiellement constitué de gros individus ; les captures de cette espèce ne commencent à être importante qu'en 1973 et 1974, or aucune augmentation du calibre moyen n'est observée ces deux années dans les captures de la SOMAPECHE. Notons toutefois que pour un autre armement (FAMAKO - Fig.13a) le calibre moyen (catégorie brown) s'est légèrement accru.

P. monodon.

En 1971 et 1972 les principaux calibres pêchés sont les 8/12 et U/5. Les deux années suivantes les crevettes pêchées sont en moyenne plus petites et les deux pics correspondent aux calibres 13-15 et 5-7 (individus en grande partie mâles pour le premier pic, femelles pour le second). L'évolution du calibre moyen de 1969 à 1974 est donnée (Fig.13b).

Nous voyons que la tendance à une diminution de la taille des individus pêchés est très nette puisque le nombre moyen de queues/livre passe de 6,85 en 1969 à 9,87 en 1973 et 9,96 en 1974. Le point obtenu en 1970 (calibre 9,21) n'est pas représentatif car le stock était encore très peu exploité à cette date (il s'expliquerait sans doute si l'on possédait le détail des prises par zone ou par mois).

M. monoceros.

Cette espèce est rangée dans une catégorie "Pink" par la FAMAKO et "Brown" par la SOMAPECHE. On remarquera les valeurs moyennes très différentes des calibres moyens pour les deux armements (Fig.13a). Les valeurs trouvées à partir des données FAMAKO sont systématiquement plus élevées, ce qui provient du fait que la plus grande partie de *M. monoceros* est comprise pour cet armement dans la catégorie HO, crevettes entières, et que seules les plus grosses sont étêtées. Les calibres 61/70 et 71/90 très abondants (environ 30% du poids pêché pour cette espèce - fig.12) n'apparaissent pas dans les captures de la FAMAKO. Depuis 1974, cet armement a tendance à conditionner une plus grande proportion de *M. monoceros* dans la catégorie HO ce qui explique la diminution du calibre moyen en 1974 qui passe de 50,57 à 43,80. Les calibres moyens calculés à partir des données SOMAPECHE nous donnent une meilleure image de l'évolution réelle des calibres pour cette espèce. La progression des calibres est très nette et régulière puisque, de 42,18 en 1969, ils atteignent 59,39 en 1974.

D'une façon générale depuis l'installation de la pêcherie, on notera donc qu'un accroissement sensible des calibres s'est fait sentir pour les espèces *M. monoceros*, *P. semisulcatus* et *P. monodon*. Pour *P. indicus* on note une diminution du calibre moyen à partir de 1972 ayant probablement pour cause, d'une part les mesures de protection pendant la phase de recrutement, d'autre part un accroissement des prises sur la côte ouest.

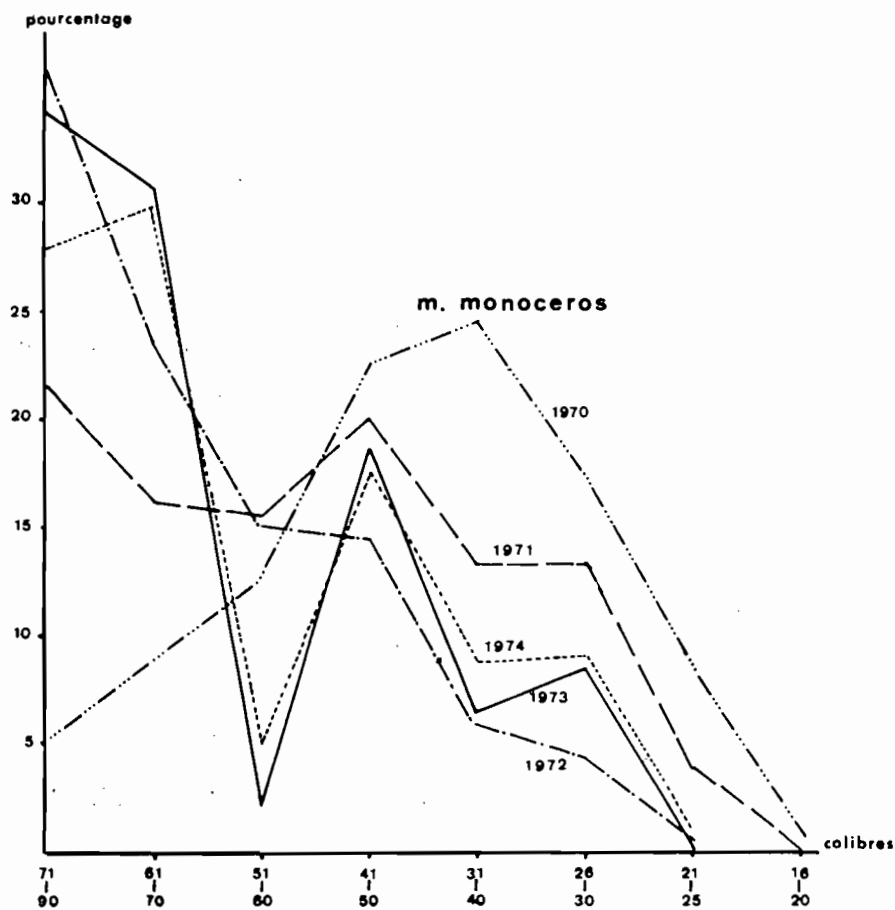


Fig.12 - Abondance relative des différents calibres (en poids) de la catégorie "Brown" de la SOMAPECHE - 1970-1974.

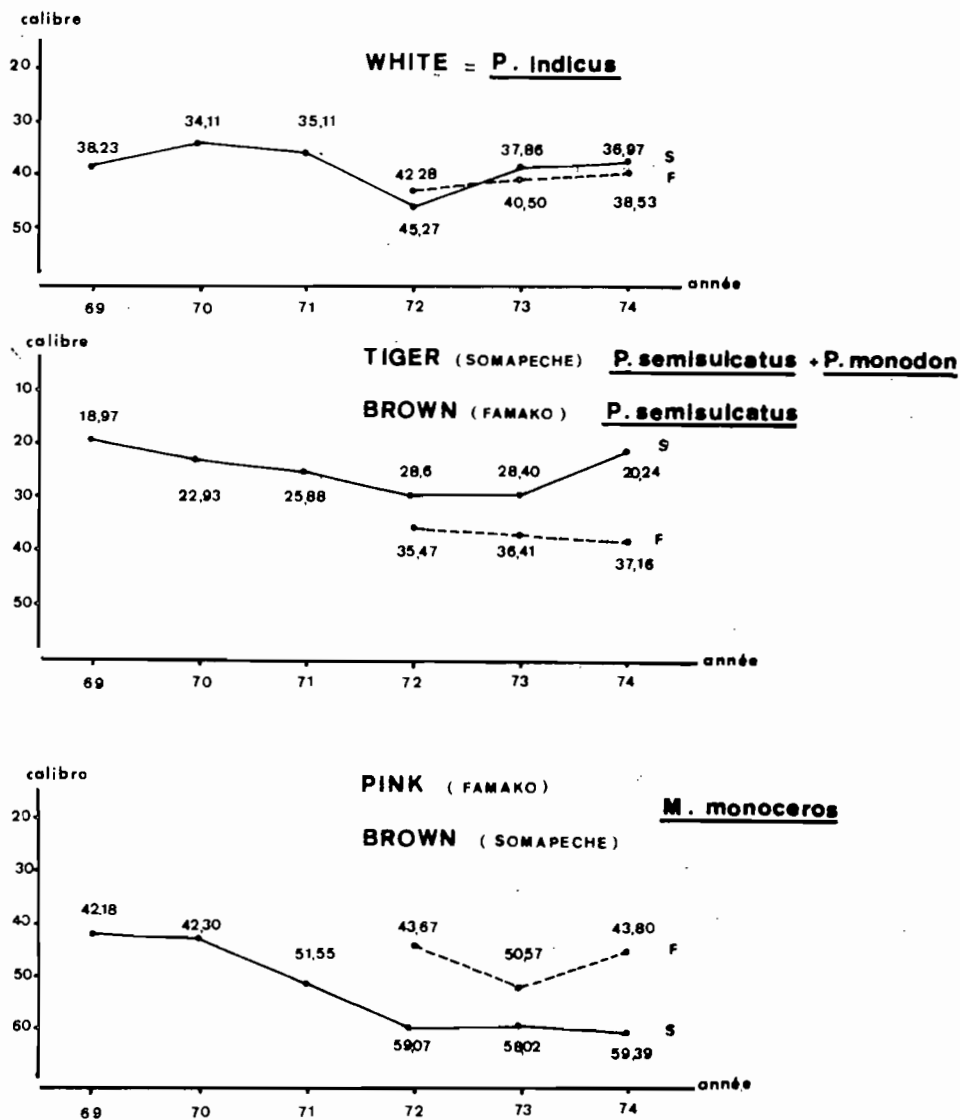


Fig.13a - Evolution du calibre moyen annuel (en nombre de queues par livre) des différentes catégories de crevettes.

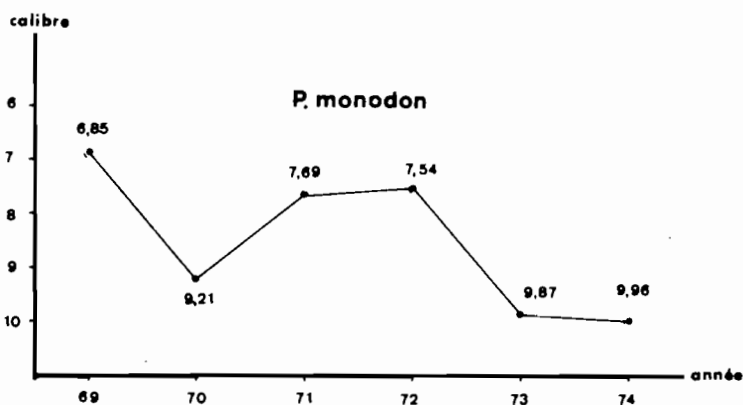
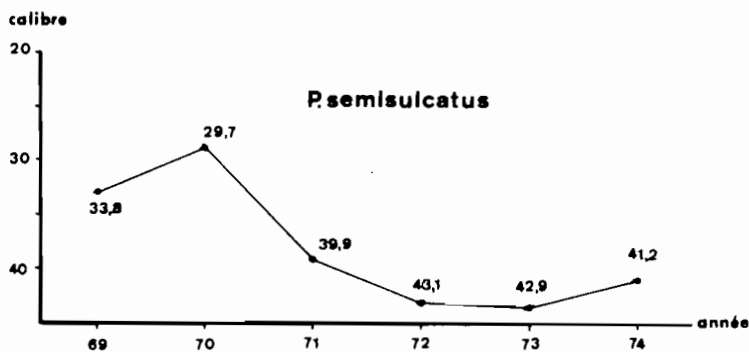


Fig.13b - Evolution du calibre moyen annuel (en nombre de queues par livre de *P. semisulcatus* et *P. monodon*).

5.2. EVOLUTION DES CALIBRES MOYENS AU COURS DE L'ANNEE

Nous donnons dans les figures 14 à 16 l'évolution mois par mois (pour une année moyenne calculée à partir des années 1970 à 1973) des abondances relatives de chaque calibre pour *P. indicus*, *P. semisulcatus* et *M. monoceros*.

Pour *P. indicus* les calibres 41/50 à 71/90 sont très abondants de janvier à avril, et c'est en janvier et février que les calibres 51/60 et 61/70 présentent la plus forte proportion des prises mensuelles (Fig.14). De juin à septembre du fait de la croissance des crevettes et des nouveaux recrutements qui se font plus tardivement à cette saison (LE RESTE, 1973b) les calibres qui prédominent sont compris entre 31/40 et 16/20. A partir d'octobre les prises deviennent très faibles et le calibre moyen s'accroît à nouveau progressivement.

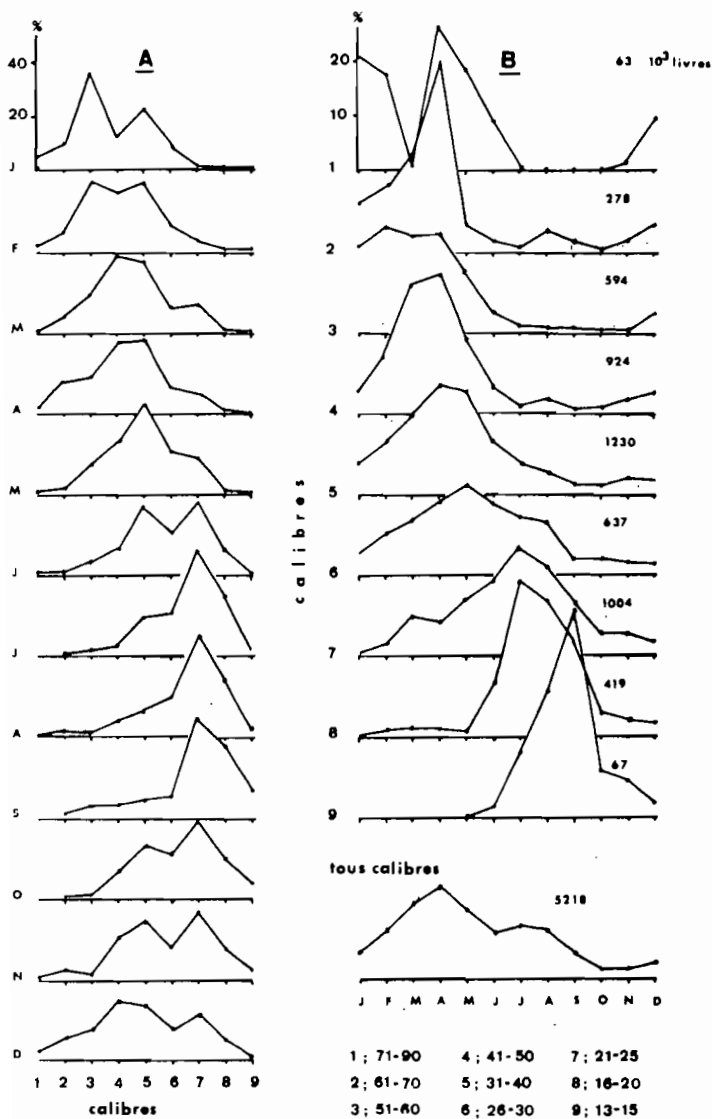


Fig.14 - *Penaeus indicus* - (Source SOMAPECHE)

A - Répartition moyenne mensuelle (moyenne des années 1970 à 1973) en pourcentage des poids pêchés de chaque calibre.

B - Evolution mensuelle (moyenne des années 1970 à 1973) en pourcentage des abondances de chaque calibre et des prises totales.

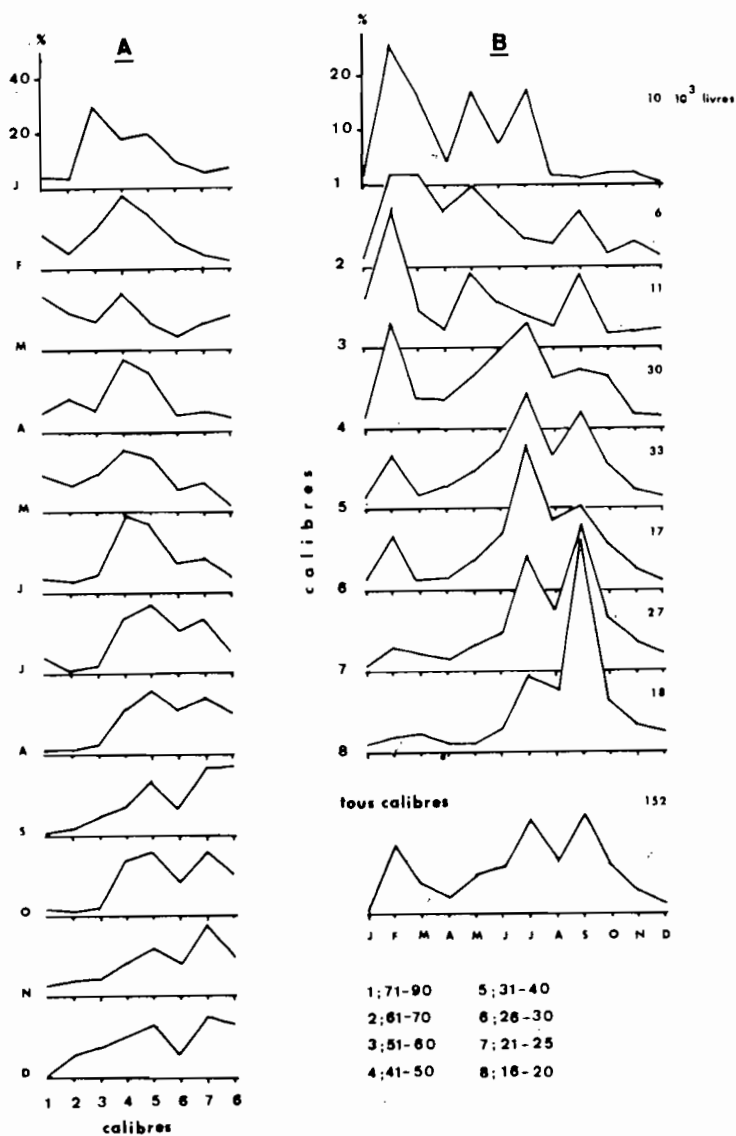


Fig.15 - *Penaeus semisulcatus* - (Source SOMAPECHE)

- A - Répartition moyenne mensuelle (moyenne des années 1970 à 1973) en pourcentage des poids pêchés de chaque calibre.
- B - Evolution mensuelle (moyenne des années 1970 à 1973) en pourcentage des abondances de chaque calibre et des prises totales.

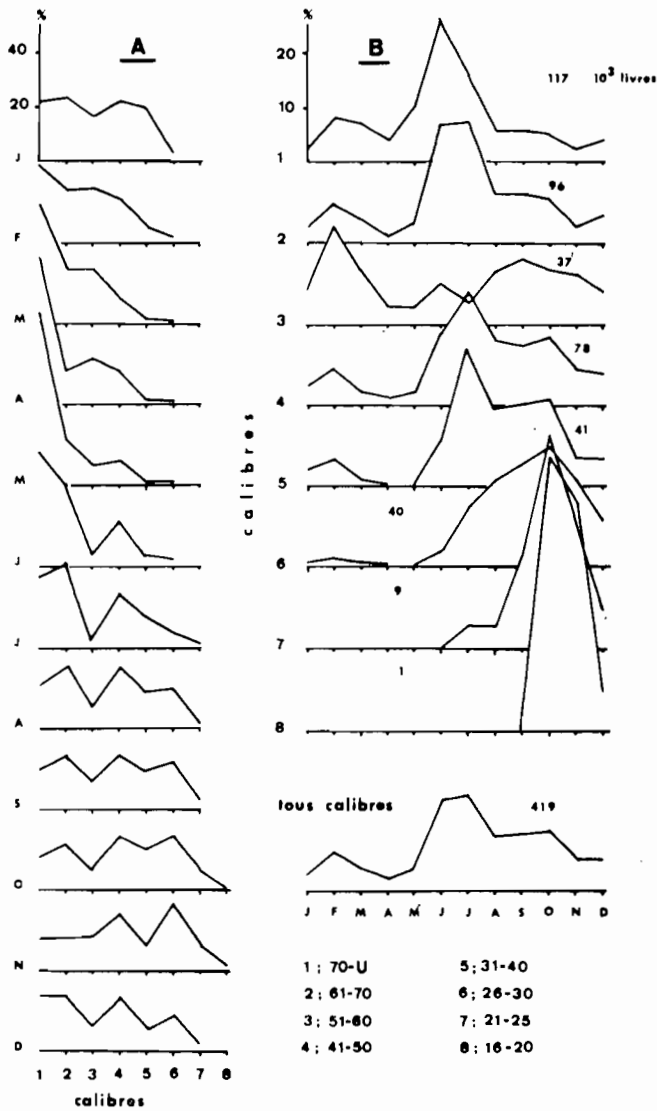


Fig.16 - *Metapenaeus monoceros* - (Source SOMAPECHE)

A - Répartition moyenne mensuelle (moyenne des années 1970 à 1973) en pourcentage des poids pêchés de chaque calibre.

B - Evolution mensuelle (moyenne des années 1970 à 1973) en pourcentage des abondances de chaque calibre et des prises totales.

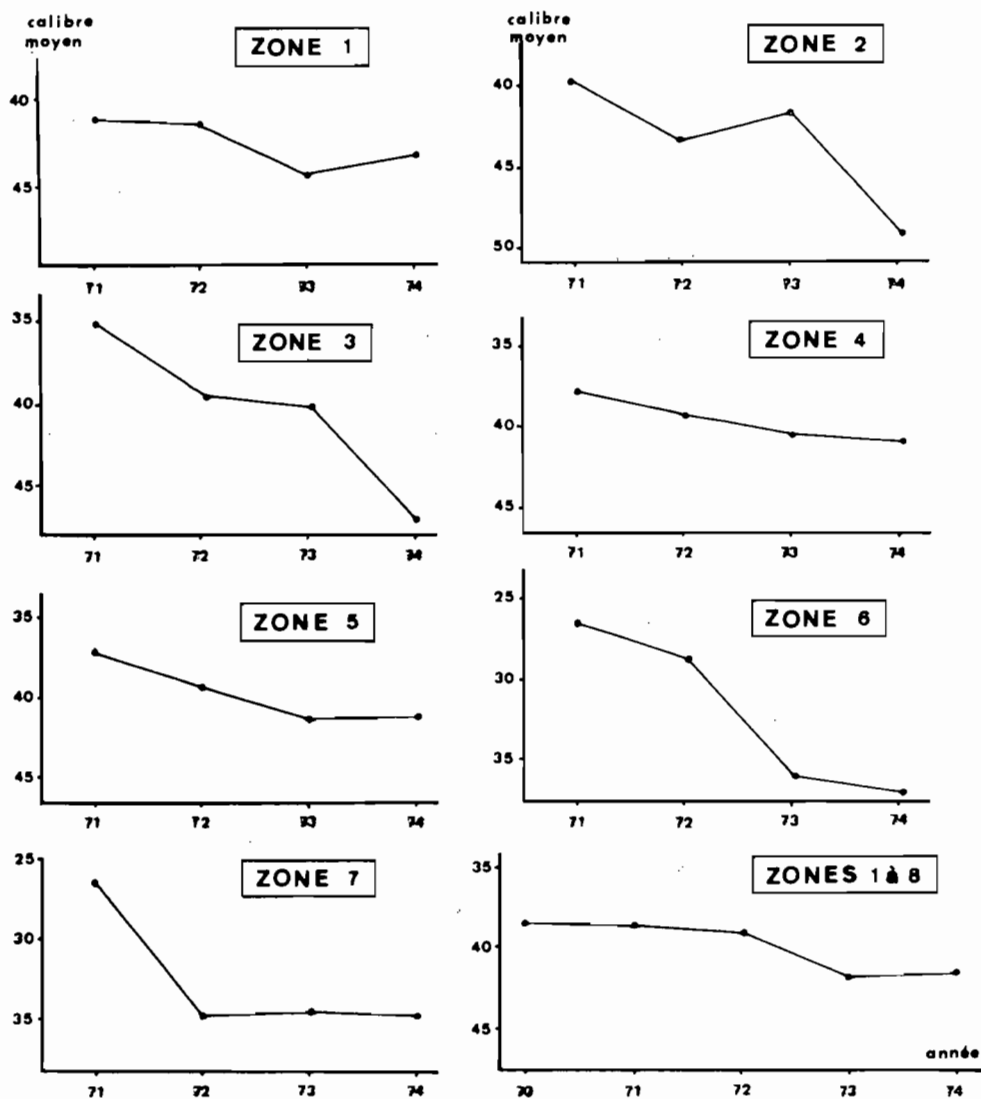


Fig.17 - Evolution annuelle du calibre moyen de la catégorie "HL" de 1971 à 1974. (Données FAMAko, par zone de pêche et pour l'ensemble des zones).

Pour *P.semisulcatus* (Fig.15) les calibres 61/70 et 71/90 prédominent en février et mars. Le recrutement des jeunes se poursuit jusqu'en juillet ; il est presque inexistant d'août à janvier. C'est entre juin et octobre que s'effectuent les plus fortes captures sur des calibres inférieurs à 41/50. Le calibre moyen diminue continuellement d'avril à novembre puis progresse de décembre à février.

Pour *M.monoceros* (Fig.16) de grands calibres (c'est-à-dire de très petites crevettes) sont capturés toute l'année, avec un maximum en saison sèche soit en juin-juillet. Les très grosses crevettes de cette espèce sont principalement pêchées entre août et décembre. Les calibres moyens sont alors faibles. Ils réaugmentent progressivement ensuite jusqu'en mai.

5.3. EVOLUTION DU CALIBRE MOYEN PAR ZONE DE PÊCHE

L'évolution du calibre moyen annuel est donnée pour chaque zone de pêche sur la figure 17.

Ce calibre est celui de la catégorie HL de la FAMAKO, seule société pour laquelle nous avons une ventilation des calibres pêchés par zone.

Dans toutes les zones le calibre tend à augmenter, c'est-à-dire que la taille moyenne des crevettes diminue. Le phénomène est particulièrement net dans les zones 2, 3 et 6, mais il est difficile à analyser dans le détail du fait que les proportions des différentes espèces dans cette catégorie HL ne sont pas connues et ont varié au cours des années.

6 - Facteurs susceptibles d'agir sur les rendements

Comme l'indique CROSNIER (1965) il semble a priori que six facteurs au moins, puissent agir sur la disponibilité. Ce sont la température et la salinité de l'eau, le mouvement de la marée et son amplitude, la phase de la lune, la turbidité de l'eau ou la luminosité sur le fond et, à longue échéance la pluviosité annuelle. Pour les deux premiers facteurs nous ne ferons que reprendre les observations et commentaires effectués par CROSNIER (1965) et CHABANNE et PLANTE (1971).

6.1. LA TEMPERATURE

La différence existant entre les températures moyennes du mois le plus chaud et du mois le plus froid n'excède pas 4°C au-dessus des fonds à crevettes en baie d'Ambaro¹, et 5 à 6°C aux environs de Majunga et sur la côte ouest. Ces différences sont faibles et l'on conçoit que dans ces conditions l'action de la température sur les rendements soit peu perceptible. Les rendements obtenus en baie d'Ambaro de mars à juin 1959, sont apparemment indépendants de la température tant de surface que de fond (CROSNIER, 1965). Ceci est confirmé par les observations de CHABANNE et PLANTE (1971a) qui indiquent que lorsque le stock était encore très peu exploité des rendements parfois élevés étaient obtenus en juillet, août et septembre à la période où les températures sont en général les plus basses. Si depuis 1970 les rendements

¹ 26°5 en juillet-août-septembre ; 29°5 de janvier à avril.

élevés en début d'année paraissent correspondre aux températures les plus élevées sur les fonds de pêche, il semble que ce soit dû au fait que le recrutement principal s'effectue à ce moment-là ; l'exploitation intensive en saison chaude entraîne une forte diminution de la biomasse présente, les rendements diminuent donc en saison froide sans que la température en soit le facteur originel - les rendements en octobre et novembre sont d'ailleurs très faibles alors que les températures réaugmentent à nouveau. Il faut noter en outre que dans les zones 5 et 6 des rendements très élevés étaient obtenus en 1971-72 de juillet à septembre c'est-à-dire pendant la saison froide, lorsque les stocks n'étaient que faiblement exploités en début d'année.

Par similitude avec ce qui se passe en Côte d'Ivoire pour *Penaeus duorarum* (GARCIA, 1974) nous avons cherché à voir si le déplacement de la thermocline pouvait avoir une influence sur les rendements en crevette ; cependant la remarquable homogénéité des conditions hydrologiques de la surface au fond dans l'ensemble des baies de la côte nord-ouest font qu'une telle possibilité ne peut être retenue.

6.2. LA SALINITE

L'influence de la salinité ne paraît jouer qu'au niveau de l'importance du recrutement dans la pêche industrielle et la zone de chalutage. CROSNIER (1965) indique qu'au-dessus des fonds à crevettes la salinité de surface varie dans de larges proportions (de 25,06 à 34,62%), alors que sur les fonds où vivent les crevettes, sa valeur n'oscille qu'entre 31,30 et 35,10%.

PITON et MAGNIER (1971) ont mis en évidence en baie d'Ambaro l'alternance de régimes d'estuaire et d'anti-estuaire tout au long de l'année. Pendant la saison chaude et humide la dessalure s'installe progressivement dans la baie pour atteindre un maximum en février. C'est à ce moment que les isohalines de surface de moins de 31,30‰ s'étendent jusqu'à la zone chalutable. Ensuite, à partir de mars les isohalines régressent progressivement et la baie devient peu à peu un bassin d'évaporation sursalé par rapport à l'eau du large, caractère qui se maintient jusqu'en novembre.

CHABANNE et PLANTE (1971a) ont été conduits à émettre les hypothèses suivantes sur le comportement des crevettes.

- Dans la zone de développement des jeunes les cohortes successives se développent l'une après l'autre jusqu'à la taille d'émigration vers la zone de chalutage. D'après LE RESTE le stock de juvéniles présent dans la zone intertidale, vieillit dans l'ensemble de mars à octobre, ce qui semblerait indiquer que la fuite vers le large des crevettes parvenues à la taille critique serait inhibée par de trop fortes salinités. Lorsque la salinité s'abaisse à la saison des pluies, l'émigration vers la zone de chalutage se produit avec un maximum quand la dessalure est maximale vers février-mars. En fait comme le notent CHABANNE et PLANTE la dessalure n'est qu'une conséquence directe du régime des fleuves et donc de la pluviométrie. CROSNIER (1965) suggère en outre qu'une pluviométrie anormalement basse pourrait induire une chute dans les populations en cours de développement. S'il n'apparaît pas de relation nette entre salinité et rendements, il se peut par contre qu'il y en ait entre la salinité et l'importance du recrutement, mais de plus nombreuses années d'observations seraient alors nécessaires pour mettre en évidence un tel phénomène. En effet, jusqu'en 1972, tant que le stock n'était pas exploité à son maximum celui-ci pouvait être masqué par une diminution des rendements en relation avec l'augmentation de l'effort de pêche.

6.3. LA PLUIE ET LA TURBIDITE DE L'EAU

CROSNIER (1965) suggère que la turbidité a une influence essentielle sur le comportement de la crevette *P. indicus*. C'est un facteur qui varie nettement entre les fonds de 3 et 10 m et ceux de 20 m. Les eaux les plus troubles et par petits fonds sont celles où l'on pêche *P. indicus* le plus régulièrement. Toujours selon cet auteur, la turbidité, en diminuant l'intensité lumineuse sur le fond, permettrait aux crevettes de garder une activité diurne. Cette hypothèse coïncide avec le fait que les rendements en crevettes lors des pêches de jours paraissent d'autant plus régulières que les eaux sont plus troubles.

La cause principale de la turbidité des eaux par petits fonds semble être les apports terrigènes déversés par les fleuves. Le débit de ceux-ci dépend bien évidemment de l'importance des précipitations sur le bassin versant.

Nous présentons sur la figure 18a, en traits pointillés, les précipitations mensuelles à Nosy-Bé et en traits pleins les rendements moyens obtenus de jour dans la baie d'Ambaro. Nous voyons tout de suite que les deux courbes se superposent presque parfaitement. Lorsque de fortes précipitations ont eu lieu, elles sont suivies, avec un léger décalage, d'une période au cours de laquelle les rendements sont élevés. La meilleure corrélation est obtenue pour un décalage de deux mois (Fig. 18b).

En 1972 de fortes précipitations de janvier à mars sont suivies de rendements élevés de mars à mai. En 1973, les précipitations sont beaucoup plus fortes en janvier et février et sont suivies de rendements très élevés en mars et avril ; nous pouvons cependant nous demander si ces forts rendements n'étaient pas dus à l'effet de la fermeture de la pêche qui avait eu lieu du 15 décembre au 15 février, plutôt qu'à un effet direct ou indirect de la pluviométrie ou de la turbidité.

En 1974 les précipitations sont plus faibles en début d'année et sont suivies de rendements plus faibles ; par contre les rendements diminuent moins vite au cours du second semestre que les années précédentes. En 1975, le niveau des pluies fut à nouveau plus élevé en début de saison et suivi de rendements supérieurs à ceux de 1974.

Il est difficile d'expliquer pourquoi de meilleurs rendements sont obtenus après de fortes pluies avec un décalage de deux mois. Plusieurs hypothèses peuvent être avancées :

a) - Influence directe de la turbidité.

La turbidité augmente avec le débit des fleuves et entraîne une plus grande vulnérabilité des crevettes et une augmentation du coefficient de capturabilité de l'espèce *P. indicus*. Le maximum de débit n'est cependant que faiblement décalé (de 15 jours à 1 mois) par rapport au maximum des pluies (FRONTIER, 1975). Le décalage entre le maximum des pluies et celui des rendements devrait donc être moindre. Chaque année la turbidité des eaux est très forte en saison des pluies et le disque de Secchi disparaît habituellement aussitôt immergé ; il est donc peu probable que la turbidité soit plus forte d'une saison des pluies à l'autre. Les différences des niveaux de rendements en début d'année ne peuvent donc être expliquées par ce seul facteur.

b) - Augmentation de la disponibilité.

Le débit des fleuves, d'autant plus fort que les pluies ont été plus abondantes durant la saison humide, repousserait de la zone intertidale vers la pleine mer un plus grand nombre de crevettes, de jeunes comme d'adultes qui ne seraient pas autrement disponibles dans la zone de chalutage. L'augmentation des rendements les deux mois suivants s'expliquerait alors en partie au moins par l'augmentation de la biomasse du stock du fait de la croissance des individus qui sont en grande partie des jeunes recrues.

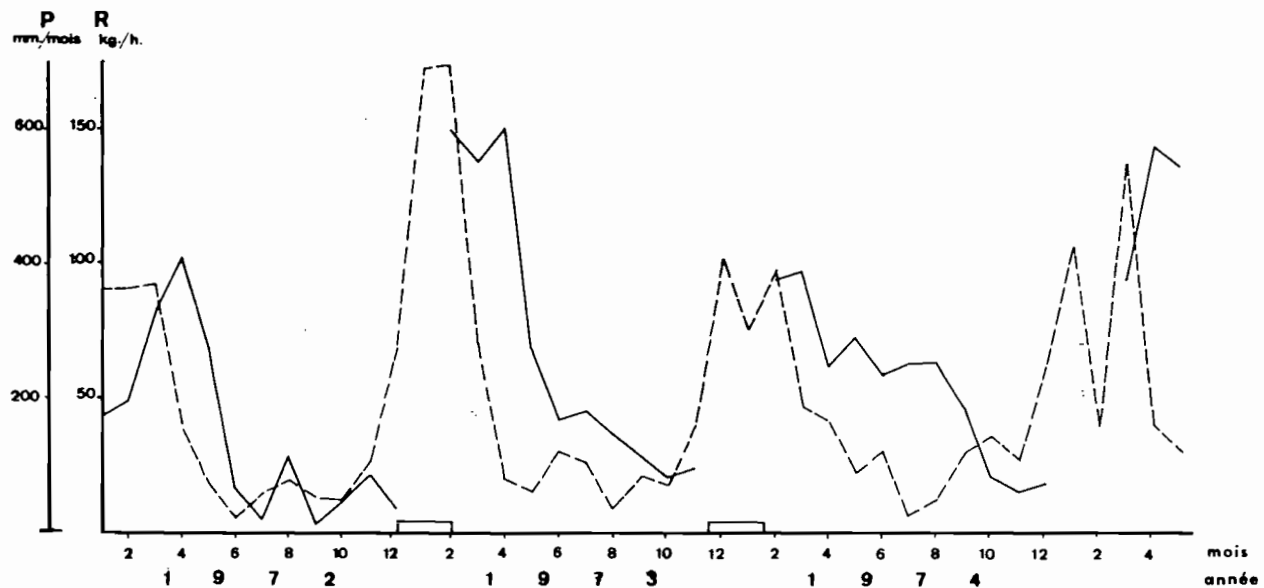


Fig.18a - Précipitations mensuelles à Nosy-Bé (en tireté) et rendements moyens obtenus pendant la journée dans la zone 1.

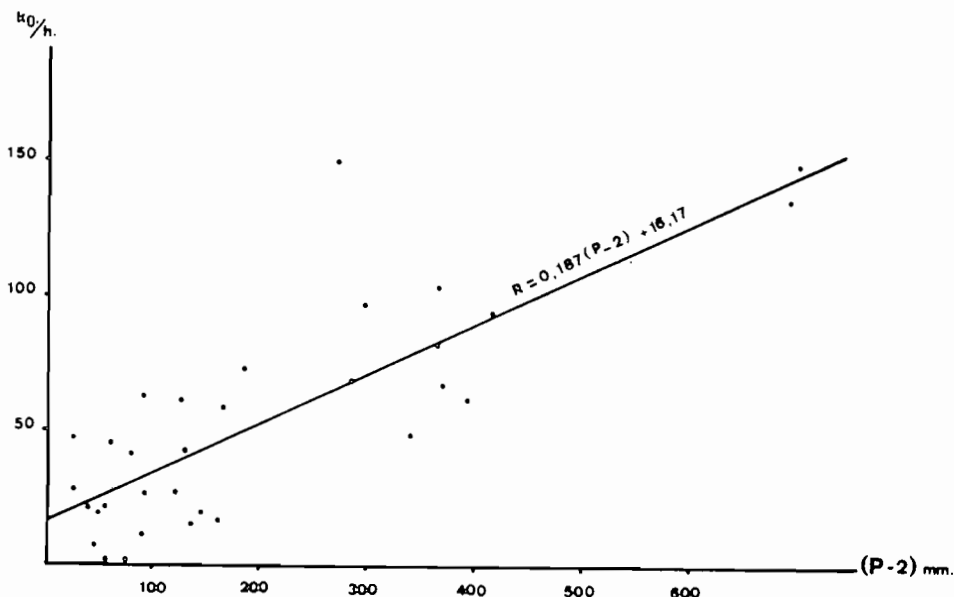


Fig.18b - Relation entre les rendements et les précipitations. (Rendements moyens mensuels pendant la journée - Précipitations ayant eu lieu deux mois auparavant - Zone de Nosy-Bé)

c) - Augmentation du nombre des recrues.

Il est possible en outre que le nombre des recrues dans la zone intertidale et la zone chalutable soit supérieur lorsque les pluies ont été abondantes. Etant donné le faible décalage entre le maximum des pluies et celui des rendements, la variation du recrutement s'expliquerait non par un effet direct de la pluviométrie sur la ponte, mais par une diminution de la mortalité naturelle des jeunes crevettes lorsque les pluies sont abondantes.

Même si nous ne savons laquelle de ces hypothèses est la plus probable, l'importance pratique d'une telle relation n'en est pas moins essentielle. En effet, elle peut permettre aux armements de prévoir l'importance des apports qu'ils auront à traiter en usine et donc de mieux planifier leurs opérations.

Effet de la pluie en saison sèche.

Nous avons examiné tout au long de l'année 1974 les rendements journaliers obtenus en baie d'Ambaro pendant la journée et leur correspondance avec les journées avec ou sans pluie. Nous pouvons dresser un tableau de contingence 2 x 2 pour la saison sèche (juin à décembre).

	Jours de pluie > 10mm	Jours sans pluie
Bons rendements	22	20
Mauvais rendements	11	125
% Bon	66,7	13,8

Le test du χ^2 nous montre que les différences observées sont hautement significatives au seuil 0,05. Nous voyons donc qu'en saison sèche les jours de pluies et souvent les lendemains de jours de pluies, correspondent à des journées de forts rendements sur la "crevette de tas" *P. indicus*. L'explication en est très probablement la rapide augmentation de la turbidité des eaux due au lessivage de la mangrove et à l'entraînement des particules en mer. Le même tableau de contingence dressé pour la saison des pluies ne nous donne aucune différence significative ($\chi^2 = 0,44$) dans les rendements pour les journées avec ou sans pluie. Ceci provient sans doute du fait qu'à cette saison les pluies n'augmentent pas la turbidité des eaux déjà très élevée du fait du fort débit des fleuves.

6.4. LA PERIODE LUNAIRE

A partir des pêches obtenues par l'ORSOM 1, l'ALEXIS LALANNE et le CHIDORIGO, CROSNIER (1965) et VINCENT-CUAZ (1964) ont estimé que les périodes du dernier quartier lunaire suivies de celles du premier quartier étaient les plus favorables à l'obtention de rendements élevés pendant la journée (*P. indicus*).

Nous présentons sur les tableaux 6a et 6b les rendements horaires moyens obtenus de nuit et de jour par les 4 navires glaciers de 160 CV des pêcheries de Nosy-Bé, pour chaque période lunaire.

En 1972, les meilleurs rendements pendant la journée ont été obtenus au moment de la nouvelle et de la pleine lune ; en 1973 pendant la nouvelle lune et le dernier quartier. Ces résultats contradictoires paraissent indiquer qu'il ne faut pas rechercher d'influence directe de la lune (ou de l'amplitude de la marée) sur les rendements obtenus de jour sur *P. indicus*. La figure 19 nous montre en outre que les rendements obtenus pendant la journée sont extrêmement variables d'un jour à l'autre¹, alors que ceux obtenus de nuit sont beaucoup plus réguliers.

De nuit les meilleurs rendements sont obtenus au moment de la pleine lune entre janvier et juin, et au moment du premier quartier et de la nouvelle lune de juillet à décembre. Les différences observées sont cependant très faibles.

6.5. LE COMPORTEMENT DES DIFFERENTES ESPECES

Il est généralement admis que le comportement de base des crevettes pénéides est un comportement nocturne : les crevettes sont actives sur le fond la nuit et enfouies le jour pour fuir la lumière ou les prédateurs. Dans ce cas le rendement maximum est obtenu la nuit.

Ce schéma est perturbé par la turbidité des eaux. Les crevettes sont au niveau du fond pendant la journée, l'obscurité relative qui y règne les dispensant de s'enfouir ; la nuit les crevettes ne sont plus disponibles. Comme l'indique GARCIA (1973) la seule explication possible dans le cadre d'un comportement de base nocturne est que ces crevettes très actives la nuit, quittent le fond au crépuscule pour remonter en pleine eau hors de portée des chaluts, et ne redescendent qu'à l'aube. Cette hypothèse concorde avec les observations

¹ Des rendements de 1 ou 2 tonnes par jour ne sont pas rares ; ils sont obtenus généralement pendant deux ou trois jours consécutifs, et suivis d'une période à très bas rendement. Ces rythmes ont été observés chaque année mais restent encore inexplicés.

Mois	N U I T							
	Nouvelle Lune		Premier Quartier		Pleine Lune		Dernier Quartier	
	H	R	H	R	H	R	H	R
1	104	14,3	96	16,2	84	21,0	77	14,7
2	76	31,0	90	35,9	23	37,4	43	30,5
3	64	39,5	55	22,9	53	25,3	87	24,1
4	54	11,5	37	18,1	32	43,8	3	(60)
5	83	19,16	156	24,9	206	19,30	190	17,7
6	229	19,7	227	23,0	207	25,1	244	19,8
1-6	610	21,48	661	23,93	605	24,05	644	20,06
7	228	22,2	253	29,5	303	25,5	262	20,0
8	216	19,9	307	24,1	252	20,3	202	15,3
9	352	19,6	268	23,0	269	18,2	246	12,7
10	288	13,9	320	14,0	219	11,9	243	12,8
11	317	13,3	322	13,3	270	12,1	167	13,8
12	168	12,7	69	13,6				
7-12	1569	16,95	1539	19,93	1313	17,9	1120	15,0
Mois	J O U R							
	H	R	H	R	H	R	H	R
1	44	48,2	95	39,1	111	58,3	73	40,4
2	72	35,9	92	46,6	47	123,2	35	49,1
3	86	77,7	11	69,1	21	113,8	136	113,8
4	64	131,7	108	87,2	96	174,4	81	62,6
5	132	47,4	63	27,4	72	13,7	78	36,1
1-5	398	65,5	369	53,9	347	93,3	403	69,6

TABLEAU 6a - Rendements horaires de nuit et de jour des navires de 160 CV des pêcheries de Nosy-Bé (zone 1) en fonction de la période de lune. Année 1972.

H = Effort en heure

R = Rendement en kg/h

Mois	N U I T							
	Nouvelle Lune		Premier Quartier		Pleine Lune		Dernier Quartier	
	H	R	H	R	H	R	H	R
1								
2			2	(60)	75	108,8	94	89,0
3	98	58,5	23	42,6	149	676	78	91,3
4	122	45,9	155	51,4	207	39,1	193	48,6
5	177	27,3	184	49,2	175	34,5	172	27,3
6	209	35,8	218	38,8	217	37,7	195	31,3
1-6	606	39,01	582	45,65	823	49,30	732	48,7
7	223	33,6	280	30,6	282	28,8	218	30,0
8	194		295	25,6	282	27,0	291	20,8
9	212	24,1	241	22,7	275	22,0	257	18,0
10	278	19,6	274	17,5	170	14,2	101	15,0
11	223	12,3	154	16,1	182	12,0	249	12,7
12	133	18,0						
7-12	1263	22,57	1244	23,22	1191	22,13	1116	19,65
Mois	J O U R							
	H	R	H	R	H	R	H	R
1								
2					151	178,8	95	106,4
3	99	117,8	55	155,4	128	106,8	46	229,3
4	91	210,9	109	147,8	71	78,3	81	147,3
5	39	71,3	91	68,9	79	77,2	47	62,1
6	43	36,5	46	41,6	35	34,6	5	36,0
1-6	272	129,49	301	109,09	464	115,37	274	130,26

TABLEAU 6b - Rendements horaires de nuit et de jour des navires de 160 CV des pêcheries de Nosy-Bé (zone 1) en fonction de la période de lune. Année 1973.

H = Effort en heure

R = Rendement en kg/h

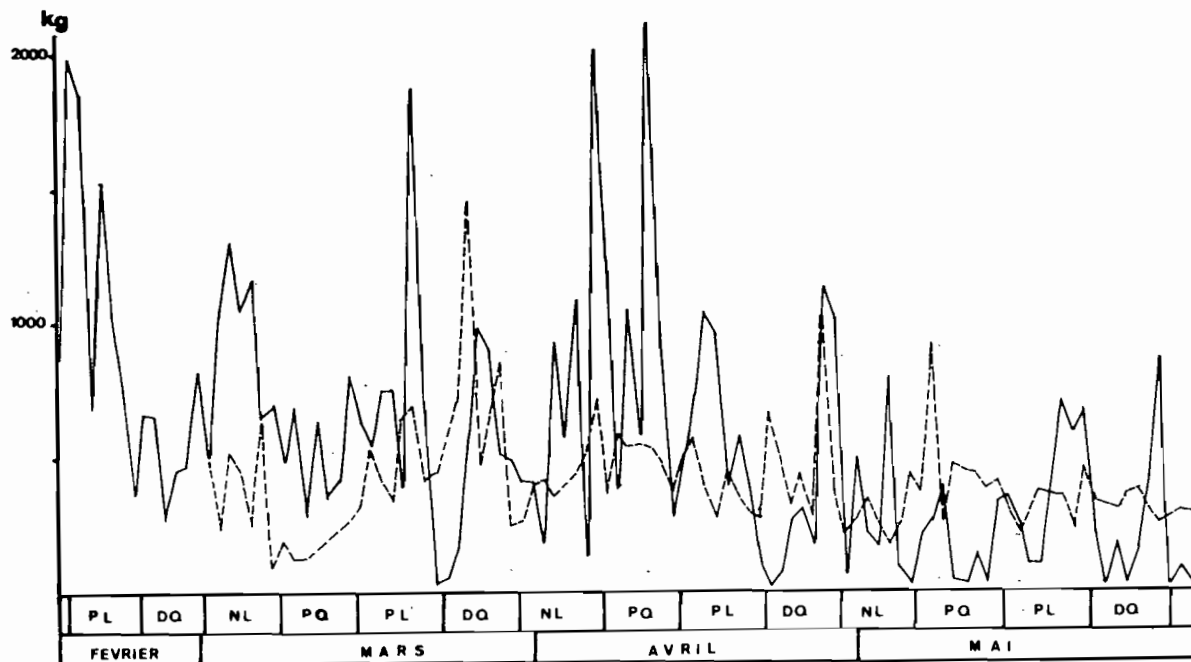


Fig.19 - Evolution des rendements quotidiens obtenus dans la zone 1 en 1973 par des navires de 160 CV.

- En trait plein, rendements obtenus pendant la journée.
- En pointillés, rendements obtenus pendant la nuit.

de bancs denses de *P. indicus* observés la nuit en surface par CHABANNE et PLANTE et par les nombreux capitaines de crevettiers que nous avons eu l'occasion de rencontrer. En outre lorsque pendant la journée les bancs de *P. indicus* sont chalutés, on observe toujours de façon très nette sur les bandes de sondeurs une montée de la crevette en pleine eau. *P. indicus* est donc plus particulièrement vulnérable alors que *M. monoceros* et *P. semisulcatus* gardent le comportement nocturne de base et sont plutôt vulnérables la nuit.

6.6. LE MODE DE DISTRIBUTION DES ESPECES

Une étude de la variance des rendements par coup de chalut a été effectuée à partir des données de quatre navires identiques (160 CV) pêchant en baie d'Ambaro de jour et de nuit en 1972 et 1973 ; elle nous donne un aperçu du mode de répartition des crevettes dans la zone de pêche.

Une répartition au hasard se caractérise par une distribution de Poisson $\sigma^2 = \mu$; lorsque $\frac{\sigma^2}{\mu} < 1$ il y a sous-dispersion c'est-à-dire une tendance à un éloignement mutuel des organismes qui se répartissent plus régulièrement que par le hasard.

Rendements obtenus le jour.

Les pêches de jour, rappelons-le, sont constituées presque exclusivement de l'espèce *P. indicus*. Nous avons calculé pour chaque mois les rendements moyens par coup de chalut et la variance de ceux-ci, pour la flottille homogène des quatre navires à glace des pêcheries de Nosy-Bé. Les moyennes et surtout les variances de ces rendements peuvent être très élevées. Nous avons porté sur la figure 20 les valeurs en logarithmes ; nous voyons que les valeurs de la variance sont presque toujours très élevées (pente supérieure à 2), elles caractérisent la structure en bancs de la population. En 1972, les rendements moyens sont assez constants de janvier à mai, cependant la variance augmente de façon très importante traduisant une tendance à une surdispersion croissante ou un accroissement de la taille des bancs. De juin à septembre les rendements diminuent mais la variance reste très élevée, le rapport σ^2/μ étant même supérieur à celui obtenu en début d'année. Ce fait traduit une raréfaction des bancs ; lorsque les bancs sont trouvés, les rendements sont élevés pendant un temps très court, leur taille étant aussi plus faible.

Rendements obtenus la nuit.

Les pêches de nuit (entre 18h et 6h) concernent essentiellement les deux espèces *M. monoceros* et *P. semisulcatus* au moins de juillet à décembre ; en début d'année, en effet, il n'est pas rare que des prises de *P. indicus* aient lieu au crépuscule ou à l'aube, plus épisodiquement au milieu de la nuit. Nous voyons sur la figure 20 que de janvier à mai le rapport σ^2/μ est environ de 2 ; il diminue ensuite et au second semestre ce rapport se situe entre 1,5 et 1. Ces deux espèces ont donc une répartition beaucoup plus aléatoire pouvant même tendre vers une sous-dispersion. En effet, une part importante de la variance correspond à celle qui existe entre les navires (deux navires même identiques ne pêchant pas exactement de la même façon).

Implications pratiques.

Le mode de répartition en banc de la crevette blanche *P. indicus* appelée "crevette de tas" par les patrons des chalutiers, fait que les rendements moyens obtenus sont plus élevés lorsque les crevettiers travaillent en flot-

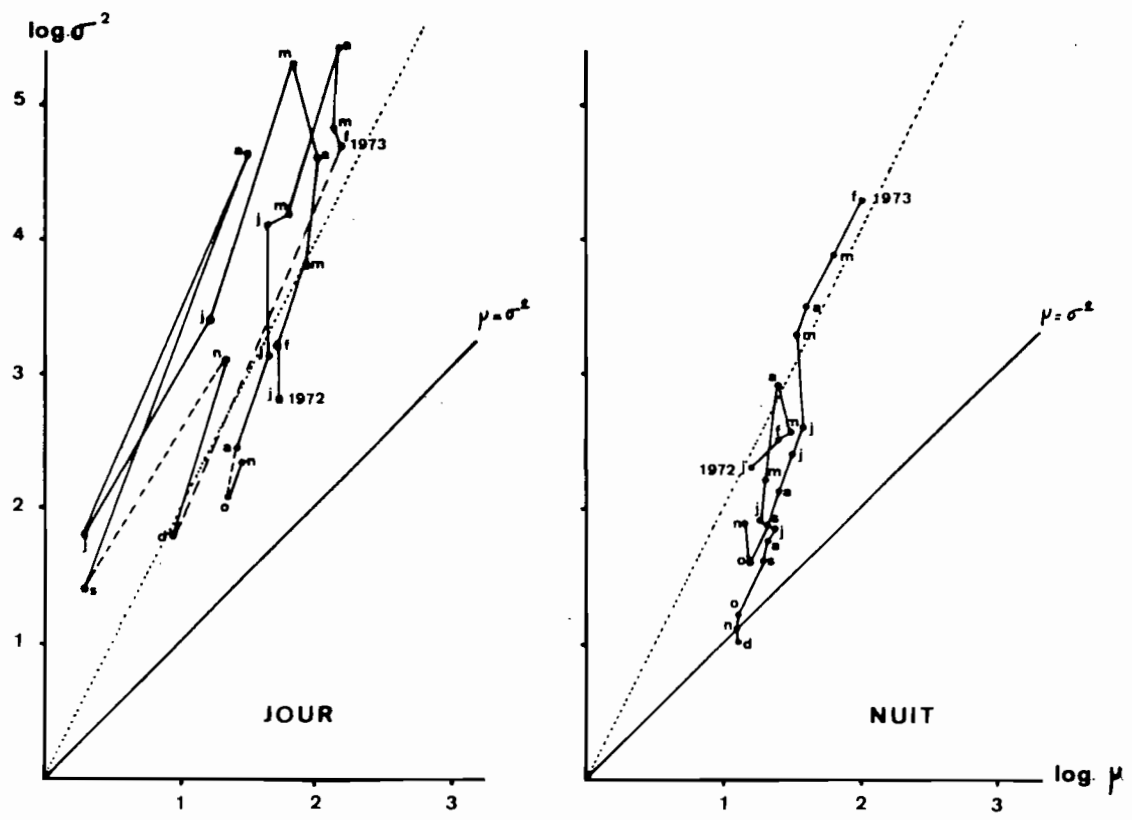


Fig.20 - Relation entre la moyennes et la variance des rendements par coup de chalut obtenus de jour et de nuit dans la zone 1.

telle que lorsqu'ils travaillent individuellement¹. Il y a donc tout intérêt à ce que l'exploitation d'une zone de pêche se fasse par des navires appartenant au même armement et se communiquant à chaque instant leurs résultats de pêche. La nuit les rendements étant très constants sur de très grande surface une telle stratégie de pêche n'est pas indispensable.

7 - Analyse des rendements des chalutiers - Définition d'une unité d'effort de pêche

7.1. GENERALITES

Dans l'étude des populations exploitées, l'un des facteurs les plus importants à connaître est l'effort de pêche appliqué au stock. Si l'on connaît en outre les prises effectuées, l'effort peut être utilisé pour calculer les prises par unité d'effort qui nous donnent un indice utile et communément utilisé de l'abondance des stocks exploités.

La connaissance de l'effort est très importante pour obtenir les relations entre l'activité des flottes commerciales et les mortalités observées sur le stock pêché, et par conséquent, analyser les possibilités de surexploitation et plus généralement l'effet du taux d'exploitation sur les stocks et les captures.

Suivant BEVERTON et HOLT, l'effort d'un bateau particulier peut être défini comme le produit du pouvoir de pêche de ce bateau par une mesure appropriée du temps de pêche. La puissance de pêche des différents navires est définie en référence à un bateau standard en comparant leurs prises par rapport à une même densité.

En d'autres termes, nous pouvons définir l'unité d'effort de pêche comme le temps d'application "Unité" d'une puissance de pêche donnée (LE GUEN et DAGET, 1972). La puissance de pêche d'un navire dépend des divers paramètres qui le caractérisent : puissance motrice, ouverture et maillage des chaluts, précision des systèmes de navigation, mode de détection, type de stockage, automatisation des manoeuvres de pêche etc ...

Le temps d'application "Unité" peut être l'heure de chalutage, le jour de mer, le jour de pêche, etc ... suivant que l'on étudie un type de pêche ou un autre.

Dans le cas de la pêche crevettière à Madagascar, deux unités de temps sont utilisées :

- l'heure de chalutage - c'est le temps de travail effectif du chalut sur le fond de pêche ;

- le jour de pêche - cette unité a l'avantage de faire intervenir non seulement le temps de travail effectif et productif mais encore le temps de recherche des bancs.

¹ Dans la zone de Nosy-Bé, en 1968 et 1969, les rendements horaires obtenus par navire variaient dans un rapport de 1 à 3 suivant que ceux-ci travaillaient individuellement ou en flottille de quatre unités.

Ces deux unités ont été utilisées dans la suite de ce travail : elles donnent d'ailleurs toujours des résultats assez comparables ; l'une ou l'autre peut donc être utilisée indifféremment.

Si nous prenons comme unité d'effort l'heure de pêche d'un bateau de type A, l'effort total de pêche de ce bateau, pour une zone donnée, sera défini par le nombre d'heures de chalutage effectué par ce bateau dans la zone considérée ; l'effort total de pêche d'un autre bateau B, travaillant dans la même zone, sera alors défini par le nombre total d'heures de chalutage qu'il y aura effectué, multiplié par le rapport.

$$\frac{\text{Prise par heure de pêche du bateau B}}{\text{Prise par heure de pêche du bateau A}}$$

Il convient d'insister sur le fait que ce rapport doit évidemment être calculé à partir de pêche ayant lieu pour les deux bateaux considérés, au même moment et sur le même stock.

7.2. CALCUL DES COEFFICIENTS MENSUELS

Les variations d'une quinzaine à l'autre des rendements pour un même bateau, dans une zone donnée sont très importantes ; il faut donc les éliminer en tenant compte des coefficients saisonniers.

Pour déterminer ces coefficients avec le maximum de précision, les rendements du plus grand nombre possible de bateaux doivent être utilisés. Une technique de calcul assez complexe a été proposée par ROBSON (1966). Une méthode plus simple a été énoncée par FONTENEAU et BOUILLON (1971) et a été utilisée ici.

7.3. LES RESULTATS

Les navires de référence que nous avons choisis sont les crevettiers glaciers de 160 et 170 CV de puissance motrice ; ce sont ceux qui étaient les plus nombreux lorsque la pêche a débuté et ceux aussi pour lesquels nous avons les statistiques de prise et d'effort les plus complètes. Le rendement moyen par quinzaine pour une zone donnée se fait en calculant la moyenne des nouveaux rendements saisonniers, obtenus pour chaque navire de même type pris comme référence (ces rendements sont en effet légèrement différents puisque deux navires identiques et pêchant dans les mêmes conditions n'ont jamais des rendements rigoureusement identiques). Les valeurs du rapport R des différents navires par rapport aux navires de référence sont donc légèrement différentes ; nous évaluons donc pour chacun d'eux un rapport R moyen estimé à partir de la moyenne des rendements des navires de référence pour les zones 1, 2, 5 et 6 pour lesquelles nous avions un nombre suffisant de navires de différents types pêchant simultanément.

Les figures 21 et 22 nous donnent la relation ainsi obtenue entre l'indice des rendements et la puissance motrice, lorsque les rendements sont exprimés en kg/heure de chalutage ou en kg/jour de pêche. Soit :

$$\text{rendement/heure} = 0,0029 P + 0,530 \quad R = 0,724$$

$$\text{rendement/jour} = 0,0031 P + 0,536 \quad R = 0,771$$

P étant la puissance motrice en CV. Ces deux relations ne sont pas significativement différentes au seuil 0,95.

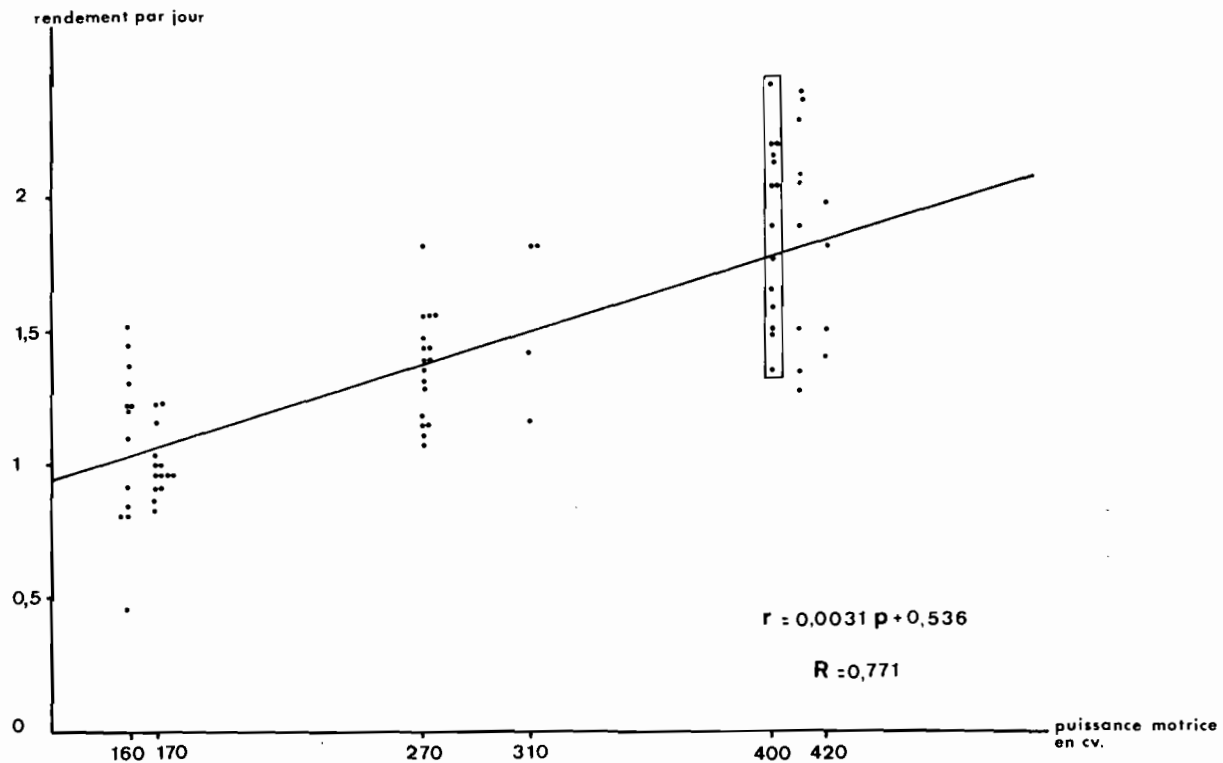


Fig.21 - Relation entre la puissance motrice des navires et leur rendement par jour de pêche.

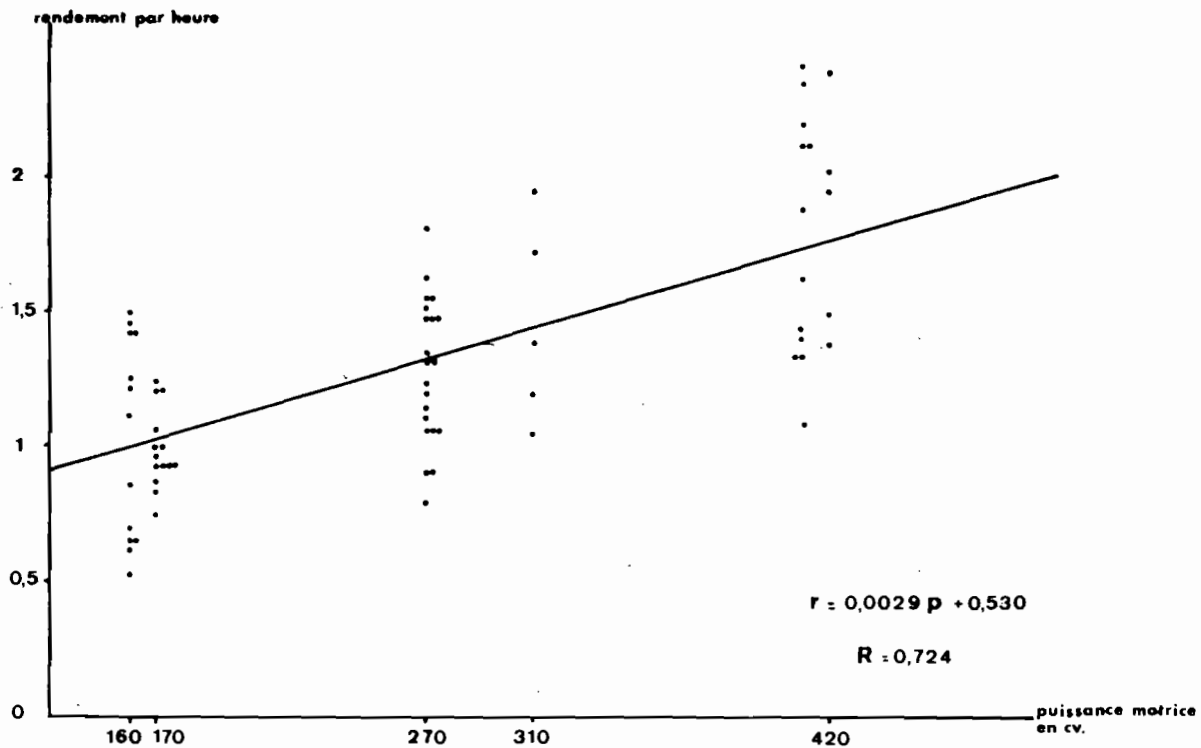


Fig.22 - Relation entre la puissance motrice des navires et leur rendement par heure de chalutage.

7.4. DISCUSSION

Les relations calculées plus haut sont simples et satisfaisantes dans un premier temps, en fait, elles sont probablement légèrement biaisées.

En effet :

- Si l'on prend l'heure de chalutage comme unité d'effort : les navires de 420 CV de la SIPMAD pêchent plus souvent la nuit que les autres, les rendements étant à ce moment généralement plus faibles, le rapport de ces navires par rapport aux navires de référence peut être sous-estimé en partie.

- Si l'on prend le jour de pêche comme unité d'effort : les plus gros chalutiers qui pêchent et traitent au moins en partie la crevette à leur bord sont parfois saturés pendant la pleine saison et obligés d'arrêter le chalutage. Ceci s'est souvent produit de 1970 à 1972, tout particulièrement pour les navires de la FAMAKO. En 1973, la baisse générale des rendements a rendu ce phénomène mois fréquent.

- La méthode de calcul que nous utilisons, nous donne un rapport moyen annuel, alors que le rapport des rendements de navires différents n'est pas le même tout au long de l'année.

7.5. EVOLUTION AU COURS DE L'ANNEE DE LA PUISSANCE DE PÊCHE DES NAVIRES DE TYPES DIFFERENTS

Observation du phénomène.

Examinons les rapports $R = B/A$ des rendements horaires obtenus dans des conditions similaires (même période, même zone) par des navires de puissances différentes de type B et A.

A = 8 navires de 15 à 18 m et 160 à 170 CV

B = 11 navires de 17 à 20 m et 260 à 270 CV

La figure 23 nous montre que ce rapport B/A varie au cours de l'année.

En janvier et février ce rapport moyen se situe entre 1,3 et 1,4 ; de mars à juin le rapport est beaucoup plus élevé et se situe entre 1,5 et 1,8 ; de juillet à décembre il est stable à 1,2. Chaque valeur moyenne mensuelles de R a été calculée avec un minimum de 30 valeurs du rapport B/A.

Explication possible.

Une explication simple de la variation de R peut être envisagée et est résumée sur la figure 24.

De mars à mai au moment de la saison chaude lorsque les eaux sont troubles, les crevettes et plus particulièrement *P. indicus* sont "en tas" et, dans les zones de concentration de la population, sont situées sur le fond mais aussi en pleine eau. Ce comportement "sémipélagique" est bien connu des pêcheurs et s'observe aisément sur les bandes de sondeurs. Dans ce cas les rendements sont grossièrement proportionnels à la section du chalut.

De juillet à décembre, pendant la saison sèche, à une époque où les eaux sont moins troubles, les pêches ont lieu non plus seulement de jour, mais souvent la nuit sur les espèces *M. monoceros* et *P. semisulcatus*. Un comportement plus nettement benthique des crevettes pourrait expliquer la diminution du rapport R, les captures étant alors proportionnelles à la longueur du bourrelet du chalut.

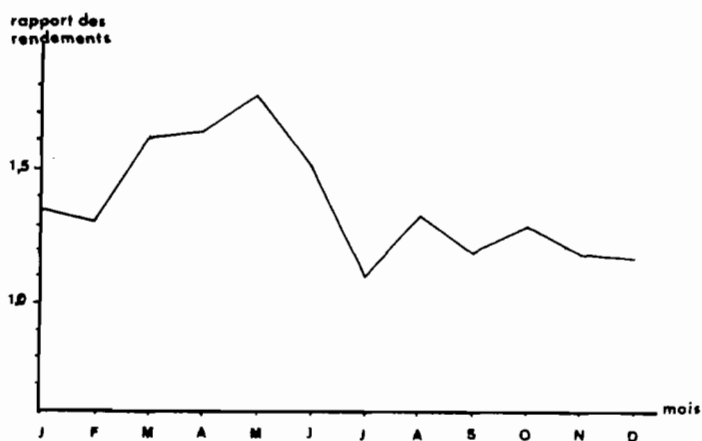


Fig.23 - Evolution du rapport des rendements obtenus par les navires de 270 CV et 160 CV.

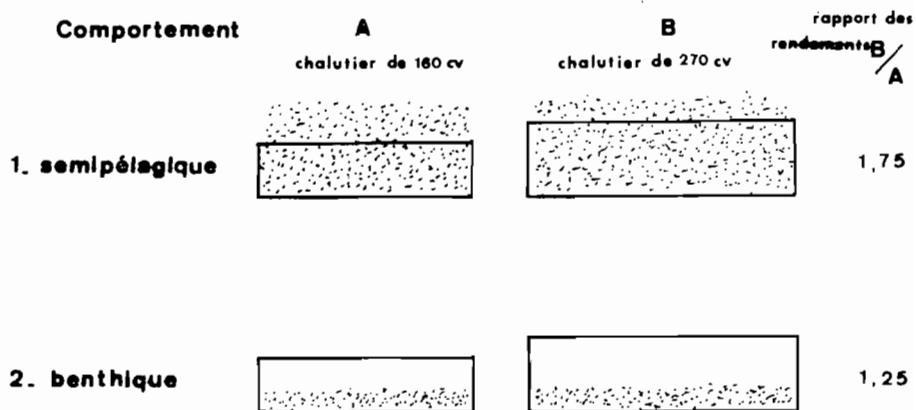


Fig.24 - Schéma d'action de deux types de filets suivant le comportement semi-pélagique ou benthique de *P.indicus*.

Implications pratiques.

Les implications pratiques d'un tel phénomène, qui avait déjà été mis en évidence (MARCILLE et VEILLON, 1973) peuvent être résumées ainsi:

En saison chaude et lorsque les eaux sont très troubles, il peut être intéressant d'employer un chalut à grande ouverture verticale pour les pêches de jour. Les panneaux de chalut pourraient en outre être plus réduits ce qui permettrait une puissance de traction accrue.

En saison sèche et en eau peu trouble un chalut à grande ouverture horizontale serait à conseiller de jour comme de nuit, ce type de chalut nécessiterait des panneaux légèrement plus grands que les précédents.

La détermination du chalut optimum et des panneaux correspondants demanderaient une expérimentation suivie. De tels essais ont été envisagés dès 1974 par la compagnie SIPMAD mais nous ne savons pas quelle suite a été donnée à ce projet.

7.6. EVALUATION DE L'EFFORT DE PÊCHE

Connaissant les rapports moyens entre la puissance de chaque navire et les navires de référence, il est aisé de calculer l'effort total standardisé pour chaque quinzaine i et chaque zone z :

. Effort en heures normalisées

$$E_{iz} = \sum_{J=1}^{J=n} f_{ijz} (0,0029 P_j + 0,530)$$

. Effort en jours normalisés

$$E_{iz} = \sum_{J=1}^{J=n} f_{ijz} (0,0031 P + 0,536)$$

P_j : Puissance du navire J

n : nombre de navires

f : nombre d'heures ou de jours de chalutage du navire J pour la quinzaine i et la zone z .

Lorsque nous ne possédons pas les efforts de pêche de tous les navires ayant opéré dans une zone pour une quinzaine donnée, nous estimons le rendement standard

$$R_{iz} = \frac{\sum P_{iz}}{\sum E_{iz}}$$

à partir des seuls navires qui nous fournissent des évaluations de leur effort de pêche ; l'effort total est estimé en faisant le rapport des prises totales de tous les navires par le rendement ainsi calculé.

Cette méthode du calcul de l'effort de pêche et du rendement moyen par quinzaine serait rigoureuse si les rapports de puissance entre les navires étaient identiques tout au long de l'année, or nous avons vu que ce rapport R variait. Les efforts de pêche standardisés des navires les plus gros seront donc sous-estimés en pleine saison (saison chaude, eaux troubles), et surestimés pendant la saison creuse de juillet à décembre (saison fraîche, eaux plus claires). Pour des raisons pratiques de calcul, il ne nous a pas été possible de tenir compte, dans les évaluations des rendements et des efforts, des varia-

tions par quinzaine de ces coefficients ; seul le coefficient moyen calculé sur l'ensemble de l'année a donc été retenu. Ces coefficients nous permettent cependant d'avoir une bonne estimation de l'effort standard annuel de chaque navire, donnée indispensable lors de l'utilisation des modèles logistiques de production.

7.7. EVOLUTION DU NOMBRE D'HEURES DE CHALUTAGE PAR JOUR DE PÊCHE

Evolution annuelle.

Le temps effectif de chalutage par jour (24h) a été en constante augmentation de 1969 à 1974, passant de 8,5 h à 12,5 h par jour en moyenne. Ceci a pour effet de sous-estimer les augmentations annuelles de l'effort de pêche lorsqu'il est évalué en jours de pêche standard. En 1969 et 1970, l'effort de pêche était essentiellement appliqué pendant la journée sur le stock de *P. indicus*. En 1969 le faible nombre d'heures de chalutage effectif s'explique en outre par les rendements exceptionnels obtenus qui entraînaient une rapide saturation des navires et les obligeaient à revenir au port après des marées très courtes de deux ou trois jours. En 1972 et 1973, la progression du temps de chalutage reflète en partie l'augmentation de l'effort de pêche appliqué la nuit sur les stocks de *P. semisulcatus* et *M. monoceros*. En 1974, le temps moyen de chalutage s'est stabilisé, cependant la raréfaction de *P. indicus* a fait qu'une plus grande part de l'effort a été appliquée la nuit sur les autres espèces.

Evolution mensuelle.

L'évolution du nombre moyen d'heures de chalutage par jour est présentée par quinzaine sur la figure 25. Nous voyons que de mars à juin le nombre d'heures de pêche effective est toujours plus faible que pendant le reste de l'année.

Durant cette période de nombreux navires ne travaillent que pendant la journée, à la recherche de la crevette de tas *P. indicus* ; les captures faites le jour étant très abondantes, les équipages se reposent la nuit et le navire est arrêté. De mai à novembre les rendements diminuent et les navires n'étant plus "saturés" accroissent leur travail effectif.

A partir de 1971 et surtout en 1972, 1973 et 1974 les navires diminuent leur effort de jour au cours du second semestre, car la crevette de tas est plus rare, et augmentent leur temps de chalutage de nuit et donc l'effort appliqué aux stocks de *P. semisulcatus* et *M. monoceros*. Certains armements comme les pêcheries de Nosy-Bé ne recherchent même plus qu'occasionnellement *P. indicus* pendant la journée et chalutent par contre de façon continue pendant la nuit.

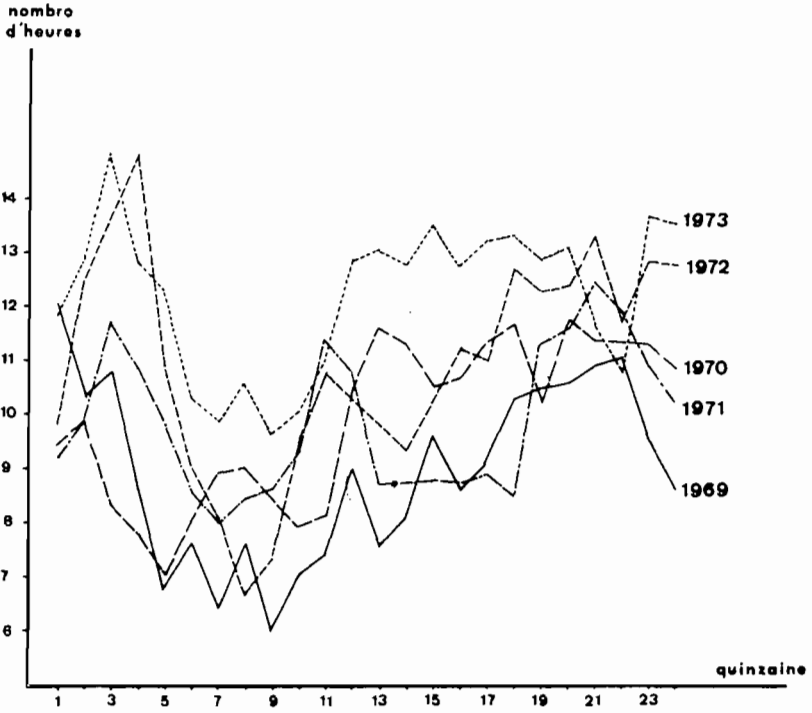


Fig.25 - Nombre moyen d'heures de chalutage par jour de pêche de 1969 à 1973.

3. évaluation des stocks par les modèles de production

Introduction

L'utilisation des modèles de production pour l'évaluation des stocks halieutiques est une application des équations de LOTKA (1925) et VOLTERRA (1926) décrivant sous forme mathématique la réponse des populations à la prédation par l'homme. Cette approche ignore pour l'essentiel la structure par âge de la population et ses composantes dynamiques, à savoir la croissance en poids, la mortalité naturelle et la reproduction. L'avantage de traiter les populations exploitées de cette manière très simple réside dans la grande réduction des données nécessaires à l'examen des effets de l'exploitation.

Ces modèles ont été appliqués pour la première fois par GRAHAM (1935) pour estimer la production potentielle des stocks de la Mer du Nord. Ils ont été beaucoup développés par SCHAEFER (1954 - 1957) pour l'étude de la pêcherie d'albacore du Pacifique tropical Est ; un modèle généralisé de production a été proposé par PELLA et TOMLINSON (1969) et une méthode de calcul nous est donnée depuis peu par FOX (1975).

1 - Examen des courbes de capture en fonction de l'effort de pêche

Il est généralement admis que, pour un stock donné, la courbe des captures en fonction de l'effort de pêche passe par un maximum. Au-delà de ce maximum toute augmentation de l'effort de pêche est inutile puisqu'elle ne peut provoquer l'augmentation des prises totales et entraîne même parfois une diminution des captures. La première méthode d'étude d'un stock consistera donc à analyser la variation des captures totales en fonction de l'effort de pêche appliqué au stock ; nous examinerons ainsi l'effet de l'augmentation ou de la diminution de l'effort de pêche sur le niveau des prises.

2 - Emploi du modèle généralisé de production

Les équations de base du modèle sont données en Annexe II.

Données utilisées.

L'information utilisée est extrêmement réduite puisqu'on ne retient pour chaque unité de temps (en général l'année) que deux valeurs : effort et captures globales.

L'effort de pêche doit évidemment être évalué en unités standardisées, et estimé de façon adéquate pour chaque espèce lorsque plus d'une espèce est capturée.

Conditions d'application du modèle.

- En ce qui concerne les conditions d'équilibre, il est admis que le principal facteur influant sur la taille de la population est le taux de mortalité par pêche appliqué à cette population.

- La population doit constituer un tout, c'est-à-dire une entité géographique, sinon biologique (GRAHAM, 1935). Ayant affaire à trois espèces dont une est cependant très prédominante, nous estimons cette condition remplie. Nous gardons cependant à l'esprit le fait que la proportion des différentes espèces a changé dans le temps. Ce phénomène est la limitation essentielle de la méthode.

- Le coefficient instantané de mortalité par pêche par unité d'effort de pêche q est constant.

$$F_i = q f_i \text{ (} f_i = \text{effort de pêche de l'année } i \text{)}$$

L'effort de pêche doit donc être standardisé.

Dans le cas du stock étudié ici, nous pouvons admettre que la valeur moyenne annuelle de q est constante. En fait q varie suivant la saison (en fonction de la turbidité des eaux), par conséquent si l'exploitation est régulière tout au long de l'année, nous obtiendrons une valeur satisfaisante du q moyen, par contre si l'effort est différemment réparti, l'effort total appliqué au stock risque d'être soit surestimé (quand il est produit à une période de faible vulnérabilité de la crevette) soit sous-estimé (s'il n'est produit que pendant la phase de recrutement quand les eaux sont fortement troubles).

Paramètres utilisés.

Le modèle généralisé de production a été employé avec le programme PROFIT de FOX (FOX, 1975). Suivant les zones étudiées de six à neuf couples de valeurs sont utilisés ; ils correspondent aux années 1967 à 1975. L'exposant de l'équation du modèle généralisé de production m , est fixé successivement égal à 1 (modèle exponentiel) et à 2 (modèle linéaire de SCHAEFER). K , nombre de classes d'âge annuelles dans les captures est fixé à 1 ; du fait de la croissance rapide et du fort taux de mortalité, les captures sont en effet constituées par une seule classe d'âge (peu de crevettes ont un âge supérieur à 1 an).

Unité de stock.

Comme les zones de pêche sont assez bien séparées géographiquement (Fig.4) et semblent correspondre à autant de nourriceries et de frayères (LE RESTE, 1973a) il nous est permis de supposer que les différentes zones de concentration de crevettes correspondent à autant de stocks indépendants. Ceux-ci peuvent donc être étudiés séparément puis comparés. Les marquages effectués dans les zones 1, 2 et 3 en 1972 sur l'espèce *P.indicus* (LE RESTE et MARCILLE, 1974) ne permettent pas d'infirmier cette hypothèse.

Pour notre étude, ne pouvant, pour des raisons pratiques, multiplier à l'excès les zones, nous en avons défini huit qui sont représentées sur la figure 4.

3 - Étude des différentes zones de pêche

3.1. ZONE DE NOSY-BÉ - BAIE D'AMBARO

La zone de Nosy-Bé (Fig.26) est étudiée de façon globale bien qu'en fait elle corresponde très probablement à plusieurs stocks plus ou moins indépendants localisés :

- au nord de Port-Louis ;
- au pied de la "petite montagne" (rivière Ambohinangy) ;
- dans la région ouest de la baie d'Ambaro ;
- dans la baie de Tsimipaika et à l'ouest de Nosy-Faly ;
- au fond de la baie d'Apasindava.

La première et la dernière de ces zones sont bien séparées géographiquement et ne paraissent pas avoir de relations avec les trois autres si l'on en juge par les résultats des marquages effectués en 1972 et 1973. Par contre le stock de *P.indicus* de la baie d'Ambaro et de la baie de Tsimipaika subissent des mélanges très importants (LE RESTE et MARCILLE, 1976a).

Un stock important de *P.semisulcatus* et *M.monoceros* est exploité dans la baie de Tsimipaika mais on trouve aussi ces deux espèces, en plus faible quantité, dans la baie d'Ambaro et au nord de Port St-Louis.

Les captures maximales ont été obtenues en 1972 pour un effort de 45.000 heures de pêche, le rendement moyen horaire étant tombé alors à 34 kg/h, c'est-à-dire au tiers des rendements obtenus en 1969 et 1970 lorsque l'exploitation de la zone ne faisait que commencer. L'effort de pêche en 1973 a été ramené à 33.000 heures et l'effet a été très sensible en ce qui concerne l'évolution des rendements horaires moyens qui sont remontés de 34,0 à 43,4 kg/h. En 1974 la décision prise par le service des pêches tendant à limiter le nombre de navires pouvant travailler dans cette zone, a permis de stabiliser l'effort au niveau de l'année précédente. Les rendements ont été cependant beaucoup plus faibles que ceux espérés et les apports ont à peine dépassé 1.200 tonnes.

En 1975, l'effort de pêche a encore fléchi ; il se situe à 30.000 h. Les prises qui ont atteint 1.179 tonnes ont été effectuées essentiellement dans la baie d'Ambaro et la baie de Tsimipaika ; un effort accru au nord de Port St-Louis et en baie d'Ambaro aurait sans doute permis d'augmenter sensiblement celles-ci. La relation capture-effort est donnée sur la figure 27. Les prises paraissent proches du maximum et il est peu probable qu'un effort de pêche supérieur à celui de 1972, puisse amener une augmentation notable des captures. Celles-ci peuvent se situer entre 1.300 et 1.500 tonnes pour un effort de 50.000 heures standard. Les estimations des prises maximales équilibrées (Y_{Max}) et de l'effort optimum (F_{opt}) sont données pour $m = 2$ (modèle linéaire de SCHAEFER) et $m = 1$ (modèle exponentiel), pour chaque unité d'effort choisie (l'heure de chalutage et le jour de pêche) (Tableau 7). Y_{Max} est compris entre 1.300 et 1.500 tonnes ; les efforts optimum (F_{opt}) calculés dans le modèle exponentiel sont supérieurs de 22% et 11% à ceux calculés dans le modèle linéaire.

Le pourcentage de la catégorie HL dans les captures de la FAMAKO est passé de 94% en 1971 à 84% en 1972, puis est resté très stable depuis. Ceci semble indiquer que l'augmentation des captures en 1972 et 1973 est due surtout à une augmentation des prises de *M.monoceros* et *P.semisulcatus* effectuées, la nuit, en baie de Tsimipaika. Les calibres moyens (Fig.17) ont augmenté de 1971 à 1973 et sont passés de 41,43 à 44,61. Ils ont diminué en 1974 ce qui nous laisse supposer que la fermeture de la pêche en janvier-février a effectivement protégé les jeunes recrues.

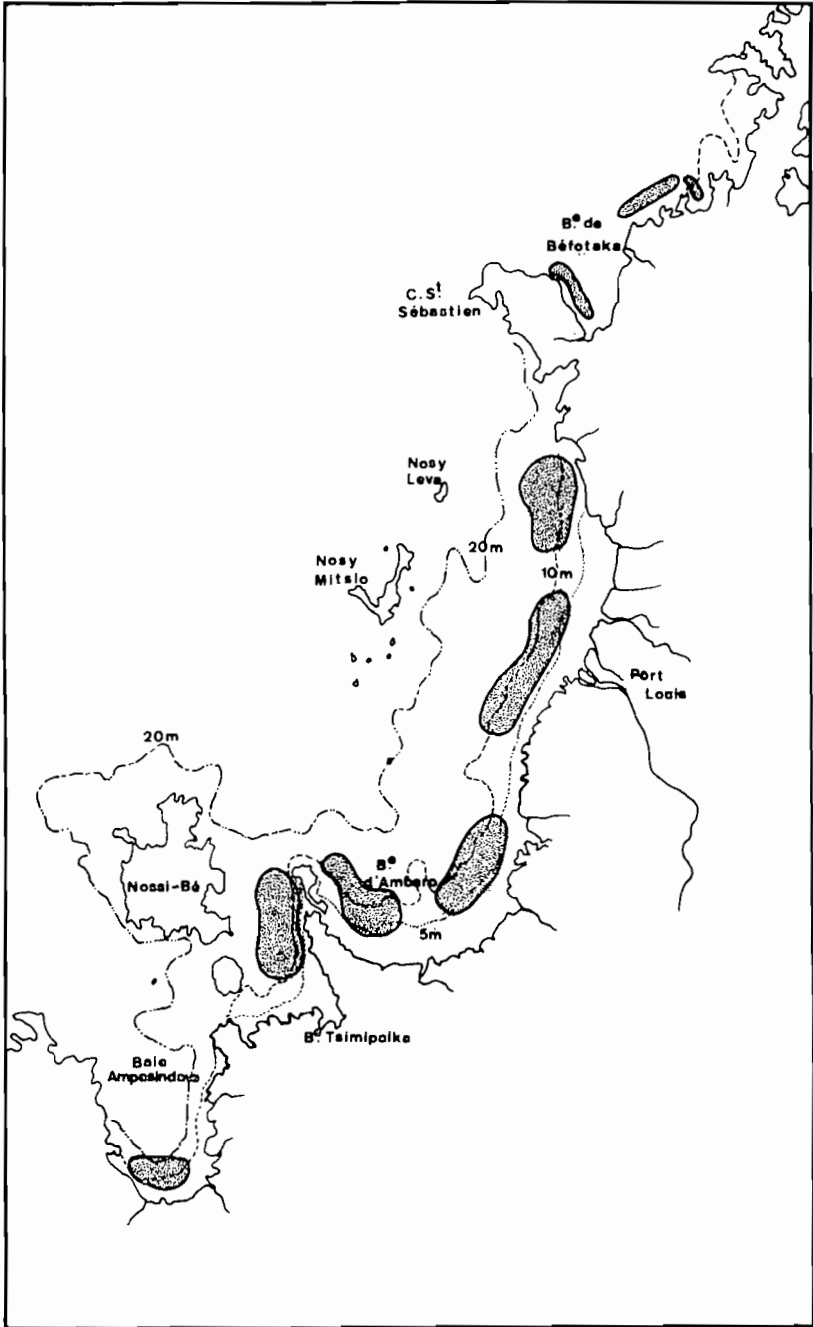


Fig.26 - Secteurs de pêche de Nosy-Bé (Zone 1).

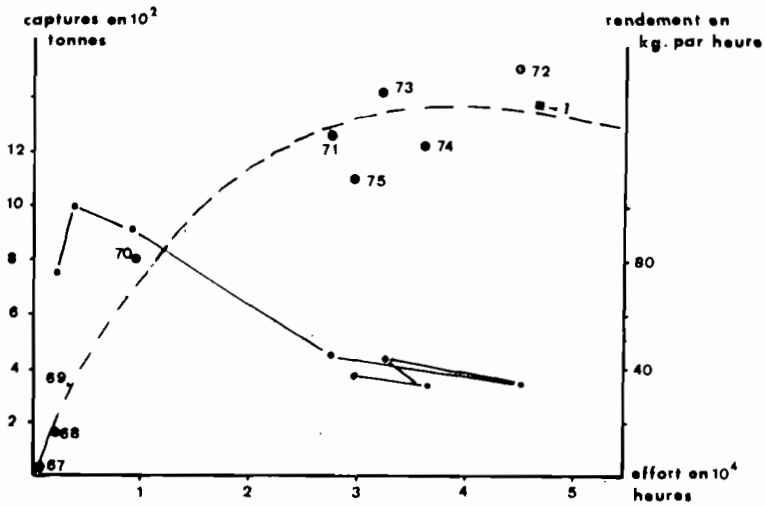


Fig.27 - Relation prise-effort dans la zone 1.

ZONE 1		m = 1		m = 2	
		Valeur calculée	Indice d'erreur (en %)	Valeur calculée	Indice d'erreur (en %)
EFFORT EN HEURES	YMax	1.377	7	1.500	7,1
	Fopt	36.580	13	33.000	10,1
	Uopt	37,6	9,7	45,5	10,3
	Uo	102	9,7	91	10,3
EFFORT EN JOURS	YMax	1.369	10,5	1.417	7,8
	Fopt	3.414	19,3	2.889	12,2
	Uopt	401	13,9	503	12,3
	Uo	1.090	13,9	1.006	12,3

TABLEAU 7 - Estimation pour la zone 1 des prises maximales équilibrées (YMax), de l'effort optimum (Fopt) et des rendements optimaux (Uopt) et initiaux (Uo) pour les différentes hypothèses concernant l'effort (en heure ou en jour) et le paramètre m du modèle généralisé de production.

Il est possible cependant que le recrutement en 1974 ait été plus faible (diminution des prises de la pêche artisanale) que les années précédentes.

Les modèles de production nous montrent que la zone 1 dans son ensemble n'est pas surexploitée. Le maximum de capture est sans doute atteint pour la baie d'Ambaro et la baie de Tsimipaika, mais l'effort de pêche pourrait être accru dans la zone située au nord de Port St-Louis et en baie d'Ampasindava. Cette baie n'a pratiquement pas été exploitée en 1973, 1974 et 1975 alors qu'environ 150 tonnes, avec d'excellents rendements, y avaient été obtenus en 1971.

3.2. BAIE DE NARENDRY

Cette baie très fermée et bien individualisée (Fig.28) est exploitée de façon intensive depuis 1967. De 1967 à 1970 les captures ont oscillé entre 500 et 700 tonnes pour 5.000 heures de chalutage. De 1971 à 1973 l'effort a pratiquement doublé atteignant 10 à 12.000 heures ; le niveau des captures est cependant resté identique. En 1974 et 1975 les prises ont été à nouveau très élevées (722 et 747 tonnes) mais la proportion des différentes espèces a beaucoup varié. En effet, la pêche qui avait lieu presque exclusivement pendant la journée¹ sur *P.indicus*, s'effectue depuis 1974 de jour comme de nuit². Il en résulte qu'en 1974 et 1975 la proportion de *P.indicus* a été nettement plus faible que les années précédentes, une part importante des prises (estimée à 25 ou 30%)³ étant constituée par les captures faites sur le stock de nuit nouvellement exploité.

Les calibres moyens de *P.indicus*⁴ sont passés de 39,70 en 1971 à 49,05 en 1974. Cette augmentation du calibre est très importante d'autant plus qu'une fermeture de la pêche a eu lieu en janvier au début de la période de recrutement.

Lorsque $m = 2$, on obtient pour cette zone des captures maximales soutenues de 836 à 964 tonnes. La valeur $m = 1$ convient mieux étant donné l'évolution à courbure négative des rendements. Les captures maximales équilibrées atteignent 750 t et 745 t suivant que l'effort est évalué en jour ou en heure. Dans les deux modèles l'effort optimal calculé est sensiblement égal : 7 à 10.000 heures ou 900 jours (Tableau 8).

L'augmentation globale des captures en 1974 et 1975 par rapport aux quatre années précédentes ne doit donc pas nous porter à trop d'optimisme.

Avec 17.000 heures et 1.273 jours de pêche normalisés en 1975, l'effort effectif est largement supérieur aux efforts optimaux correspondant aux captures équilibrées. Il conviendrait donc afin de ne pas prendre de risque inutile quant à l'avenir de ce stock, de limiter l'effort à un niveau inférieur.

¹ Par les navires des compagnies SOMAPECHE et FAMAKO qui chalutent surtout pendant la journée.

² Les navires de la SIPMAD ont travaillé depuis 1974 de façon systématique à la fois sur les stocks de crevettes de tas pendant la journée et sur ceux de crevettes de nuit situés plus au nord vers Analalave.

³ Ces renseignements n'ont pas pu être quantifiés faute de fiches de pêche remplies avec assez de détail mais ont été obtenus grâce aux contacts que nous pouvions avoir avec les patrons de crevettiers.

⁴ Estimés à partir de la catégorie HL de la FAMAKO.

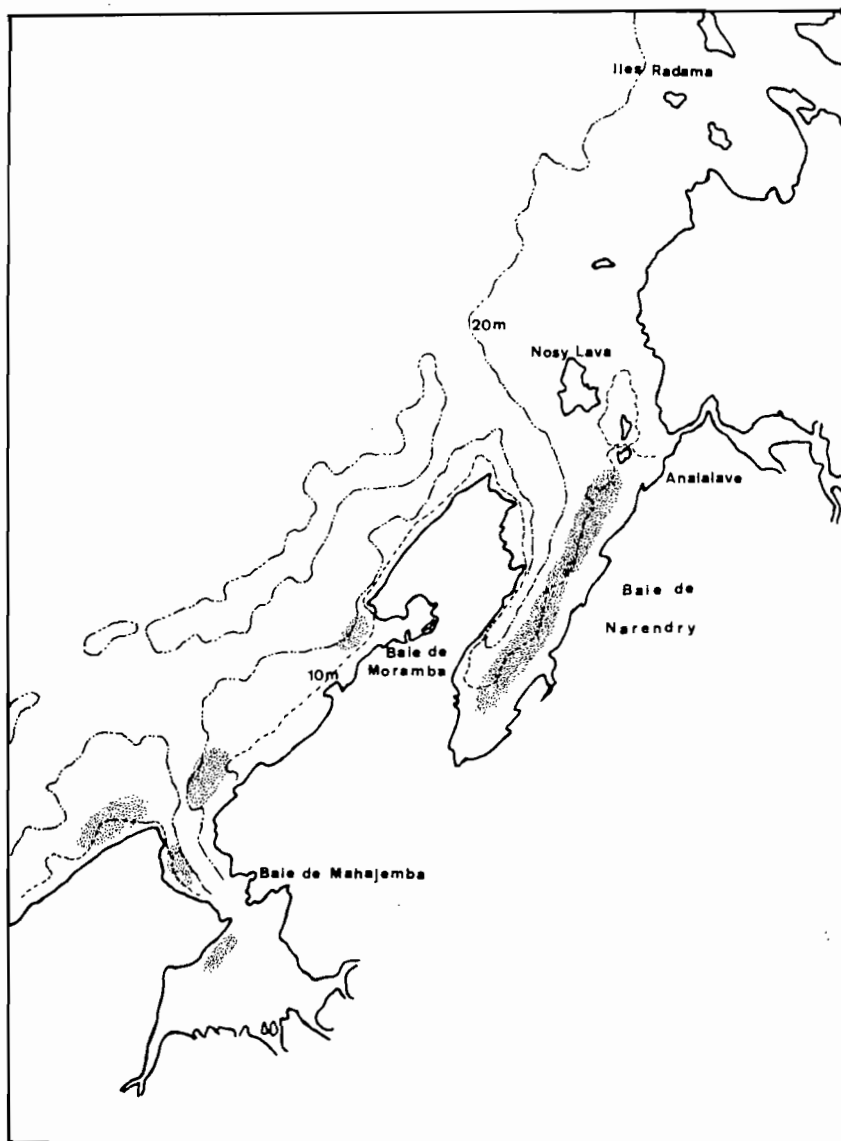


Fig.28 - Secteurs de pêche de Narendry (zone 2) et de la Mahajamba (zone 3).

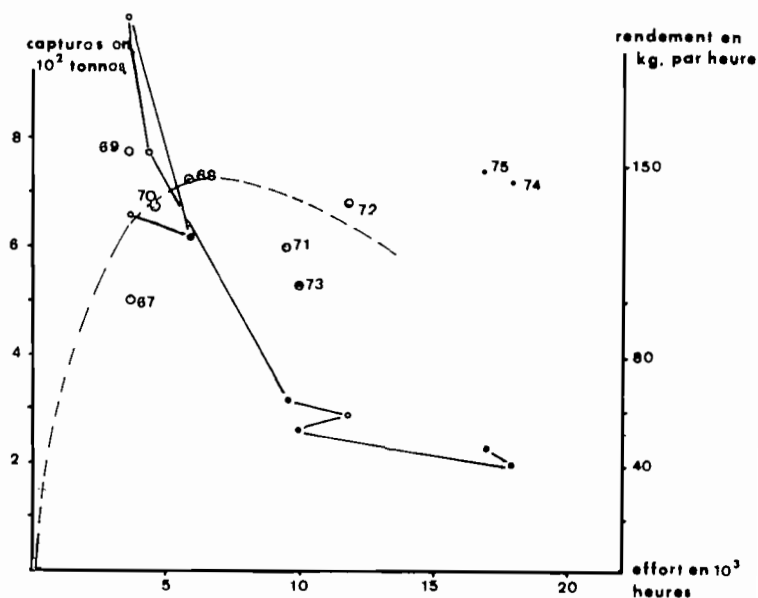


Fig.29 - Relation prise-effort dans la zone 2.

ZONE 2		m = 1		m = 2	
		Valeur calculée	Indice d'erreur (en %)	Valeur calculée	Indice d'erreur (en %)
EFFORT EN HEURES	YMax	745	6,0	964	10,3
	Fopt	7.235	9,9	11.403	8,6
	Uopt	103,0	13,3	84,5	14
	Uo	280	13,2	169	14
EFFORT EN JOURS	YMax	750	6,2	836	7,7
	Fopt	866	13,8	953	8,4
	Uopt	866	15,1	878	12,3
	Uo	2.354	15,1	1.756	12,3

TABLEAU 8 - Estimation pour la zone 2 des prises maximales équilibrées (YMax), de l'effort optimum (Fopt) et des rendements optimaux (Uopt) et initiaux (Uo) pour les différentes hypothèses concernant l'effort (en heure ou en jour) et le paramètre m du modèle généralisé de production.

3.3. BAIE DE MAHAJAMBA

Cette zone est géographiquement très limitée (Fig.28) ; les fonds de pêche sont situés au débouché immédiat de la baie ; les eaux y sont particulièrement boueuses et les courants vers le large souvent violents. Le modèle linéaire ($m = 2$) donne des prises maximales équilibrées de 387 à 407 tonnes suivant que les efforts sont exprimés en jour ou en heure ; ces valeurs sont beaucoup plus élevées que celles obtenues quand $m = 1$ (339 et 349 T) (Fig.30).

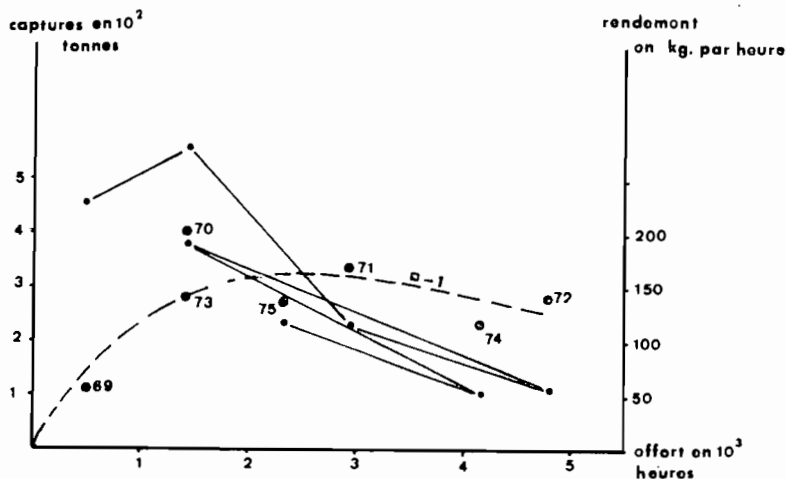


Fig.30 - Relation prise-effort dans la zone 3.

Comme dans le cas de la zone 2 (baie de Narendry) le modèle linéaire n'est donc pas satisfaisant. Les prises maximales équilibrées obtenues avec $m=1$ nous paraissent plus raisonnables et sont obtenues pour un effort de 430 jours ou 2.465 heures, soit très légèrement supérieur à celui appliqué au stock en 1975 (Tableau 9).

Les calibres moyens sont passés de 35,20 en 1971 à 47,33 en 1974 ; la taille moyenne des individus a donc apparemment fortement diminué dans cette zone (Fig.17)¹.

3.4. ZONE DE MAJUNGA

Les captures dans la zone de Majunga ont atteint 348 tonnes en 1972 pour un effort d'environ 7.000 heures de pêche, ce qui est sensiblement identique au résultat de l'année précédente : 342 tonnes pour 5.000 heures.

¹ Il est possible que cette augmentation du calibre moyen soit en fait un artéfact dû au fait qu'il est calculé à partir des seules données de la FAMAKO ; or les navires de cet armement ont exploité la zone 3 de plus en plus tôt dans la saison c'est-à-dire à une période plus proche du recrutement principal.

ZONE 3		m = 1		m = 2	
		Valeur calculée	Indice d'erreur (en %)	Valeur calculée	Indice d'erreur (en %)
EFFORT EN HEURES	YMax	349	8,7	407	10,2
	Fopt	2.465	14,9	2.969	7,3
	Uopt	141,5	17,7	137,2	13,6
	Uo	384	17,7	274	13,6
EFFORT EN JOURS	YMax	339	8,5	387	8,6
	Fopt	430	16,2	496	7,1
	Uopt	789	17,2	779	11,7
	Uo	2.143	17,2	1.559	11,7

TABLEAU 9 - Estimation pour la zone 3 des prises maximales équilibrées (YMax), de l'effort optimum (Fopt) et des rendements optimaux (Uopt) et initiaux (Uo) pour les différentes hypothèses concernant l'effort (en heure ou en jour) et le paramètre m du modèle généralisé de production.

En 1973 plus de la moitié de la pêche est effectuée au cours du second semestre¹ (143 tonnes sur 251 pour l'ensemble de l'année soit 56,97%), alors qu'en 1972, 320 tonnes sur les 342 (soit 93%) avaient été capturées au cours du premier semestre. En 1974 l'effort de pêche est très important tout au long de l'année mais les prises totales n'atteignent que 194 tonnes ; il est donc possible que le recrutement ou la disponibilité de *P. indicus* ait diminué.

Même si l'on suppose que les captures de 1974 sont exceptionnelles par leur faible niveau, la courbe des captures en fonction de l'effort (Fig.31) a atteint son palier à 350 tonnes pour un effort d'environ 4.000 à 6.000 heures. Les estimations du YMax dans les modèles de production, données dans le tableau 10 sont légèrement supérieures aux prises maximales observées.

Quoi qu'il en soit, il apparaît nécessaire de diminuer l'effort de moitié pour le stabiliser entre 4.000 et 6.000 heures, dans l'hypothèse où "ce stock" continue à être exploité selon les mêmes modalités.

L'examen des calibres moyens montre que ceux-ci ont augmenté régulièrement de 1971 à 1974 passant de 38,08 à 40,73, mais moins cependant que dans d'autres zones pour lesquelles la surexploitation, au regard des courbes de capture et d'effort, est moins évidente.

¹ Au cours du second semestre l'effort de pêche tend à être appliqué la nuit d'où un plus fort pourcentage de crevettes HO, *M. monoceros*, qui passe de 10 à 29%.

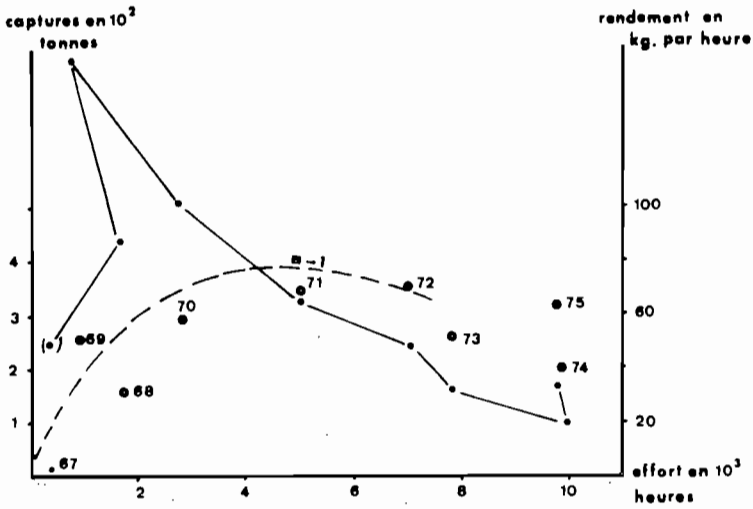


Fig.31 - Relation prise-effort dans la zone 4.

ZONE 4		m = 1		m = 2	
		Valeur calculée	Indice d'erreur (en %)	Valeur calculée	Indice d'erreur (en %)
EFFORT EN HEURES	YMax	401	11,5	581	44,1
	Fopt	3.981	12,8	4.755	4,7
	Uopt	100,7	20,7	122	44,3
	Uo	273	20,7	244	44,3
EFFORT EN JOURS	YMax	353	8,9	448	12,8
	Fopt	519	11,3	701	4,6
	Uopt	679	16,3	640	15,1
	Uo	1.846	16,3	1.280	15,1

TABLEAU 10 - Estimation pour la zone 4 des prises maximales équilibrées (YMax), de l'effort optimum (Fopt) et des rendements optimaux (Uopt) et initiaux (Uo) pour les différentes hypothèses concernant l'effort (en heure ou en jour) et le paramètre m du modèle généralisé de production.

3.5. CAP TANJONA, BAIE DE BALY

Cette zone (Fig.32) n'a été que très peu exploitée avant 1970 et les navires n'y allaient que pendant de courtes périodes lorsque les rendements en baie de Narendry étaient devenus trop faibles. En 1970, 1971 et 1972 l'effort s'est nettement accru, surtout pendant le second semestre, quand les rendements en *P. indicus* deviennent insuffisants dans les zones 1 à 4.

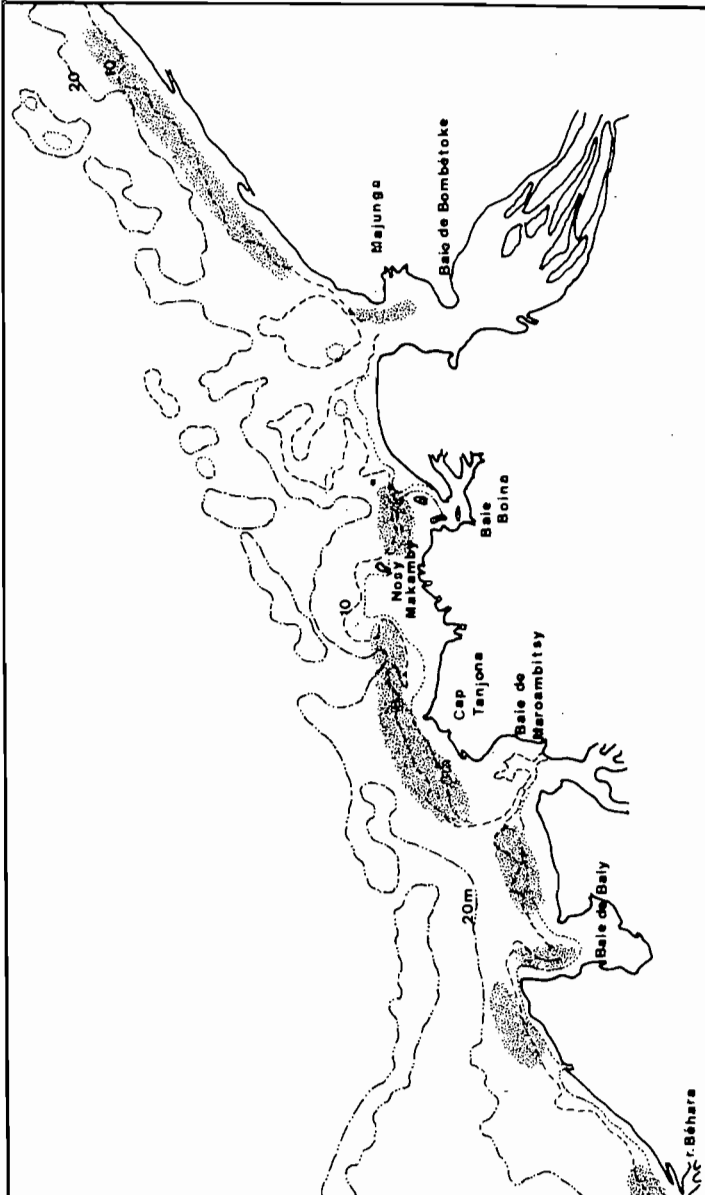


Fig. 32 - Secteurs de pêche de Majunga (zone 4) et du cap Tanjona (zone 5).

L'obligation pour certains chalutiers de rester tout au long de l'année dans la zone située au sud de Majunga¹, jointe à la fermeture des zones nord en début d'année, provoque en 1973 un fort accroissement de l'effort de pêche durant le premier semestre.

47% de l'effort de pêche a été appliqué au cours du premier semestre 1973 contre 30% pendant la même période en 1972, le niveau des captures avec 887 tonnes étant en nette progression. La courbe des prises en fonction de l'effort ne paraissait pas alors avoir atteint son maximum bien que la très forte diminution des rendements en fin d'année laissait supposer que l'on en était assez proche (MARCILE et STEQUERT, 1974). Avec 614 tonnes en 1974 pour un effort identique à celui de 1973, les captures ont accusé une chute de 30%, le rendement moyen annuel passant de 29,4 kg à 19,2 kg/h.

En 1975, les prises totales ont atteint 709 tonnes pour un effort de 29.400 heures. La courbe des prises en fonction de l'effort de pêche est donnée sur la figure 32 ; elle plafonne entre 700 et 800 tonnes.

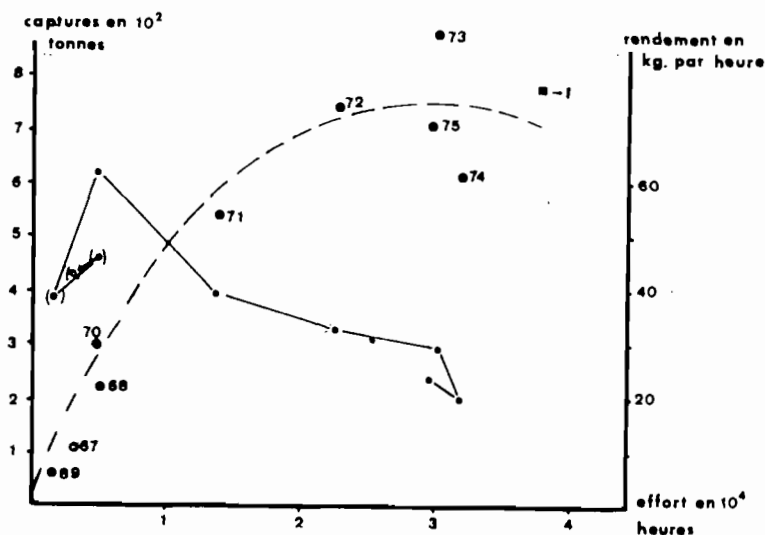


Fig. 33 - Relation prise-effort dans la zone 5.

En 1971 et 1972 l'augmentation du pourcentage de la catégorie HO (tableau 6) peut sans doute s'expliquer par un accroissement de l'effort exercé la nuit. En 1973 et 1974 la proportion de cette catégorie, quoique encore élevée, est légèrement plus faible qu'en 1972, ce qui est dû sans doute aux prises importantes de *P. indicus* au premier semestre. Comme nous l'avons suggéré précédemment, il est possible que les mauvais résultats de 1974 soient "anormaux" et dus en partie à la pluviosité particulièrement faible cette année-là ; il est possible aussi que le palier qui s'amorçait déjà en 1972 et 1973 soit atteint ; ceci semble confirmé en effet par le niveau des prises en 1975.

Les calibres moyens sont en augmentation régulière de 1971 à 1973 puisqu'ils passent de 37,56 à 39,51 puis 41,99 ; ils se sont maintenus au même niveau en 1974 (41,93). Nous ne disposons malheureusement d'aucune donnée pour l'année 1975, cependant la faible amplitude de cette variation est un indice favorable au maintien du stock.

¹ Par décision du Service des Pêches Maritimes.

Les estimations des prises maximales (YMax) et de l'effort optimal (Fopt) obtenues par les modèles de production sont données dans le tableau 11. Les valeurs YMax obtenues sont très voisines et se situent entre 750 t et 800 tonnes. L'effort de pêche optimum est d'environ 28.500 heures.

ZONE 5		m = 1		m = 2	
		Valeur calculée	Indice d'erreur (en %)	Valeur calculée	Indice d'erreur (en %)
EFFORT EN HEURES	YMax	751	13,9	753	8,4
	Fopt	28.692	20,6	28.432	12,3
	Uopt	26,2	10,4	26,5	8,8
	Uo	71,2	10,4	52,9	8,8
EFFORT EN JOURS	YMax	805	12,4	808	9,1
	Fopt	3.792	18,4	2.792	12,8
	Uopt	212	9,5	272	8,7
	Uo	577	9,5	544	8,7

TABLEAU 11 - Estimation pour la zone 5 des prises maximales équilibrées (YMax), de l'effort optimum (Fopt) et des rendements optimaux (Uopt) et initiaux (Uo) pour les différentes hypothèses concernant l'effort (en heure ou en jour) et le paramètre m du modèle généralisé de production.

Il paraît donc raisonnable de maintenir l'effort de pêche à son niveau actuel (niveau 1975).

3.6. ZONE DU CAP SAINT-ANDRE

Cette zone (Fig.34) n'a été que très peu visitée jusqu'en 1969. Les crevetiers n'ont commencé à y venir régulièrement qu'à partir de l'année suivante ; de 1970 à 1972 l'effort de pêche est exercé presque uniquement au cours du second semestre. Nous avons évalué celui-ci à 37.000 heures pondérées pour 1972, année pour laquelle un palier se fait déjà sentir (Fig.35). L'effort de pêche s'est encore accru en 1973 et atteint près de 50.000 heures. Les prises cependant n'augmentent que faiblement. En 1974 et 1975 malgré un effort de pêche soutenu, les captures sont restées faibles (868 et 873 t). Depuis 1973 l'exploitation intensive de cette zone dès le début de l'année, a eu pour effet d'accroître de façon importante le calibre moyen des crevettes pêchées ; celles-ci sont en effet capturées dès leur recrutement en janvier, février et mars. Le calibre moyen est passé de 26,85 en 1971 à 36,16 en 1973 et 37,37 en 1974.

Les estimations de YMax et Fopt sont résumées dans le tableau 12. Les prises maximales obtenues pour m = 2 sont de 1.100 tonnes pour un effort de 35.800 heures ou 3.060 jours ; pour m = 1 les prises maximales avoisinent 1.050 tonnes pour des efforts de 36.000 heures ou 3.200 jours ; nous observons qu'aucun gain appréciable n'est obtenu lorsque l'effort dépasse 20 ou 25.000 heures.

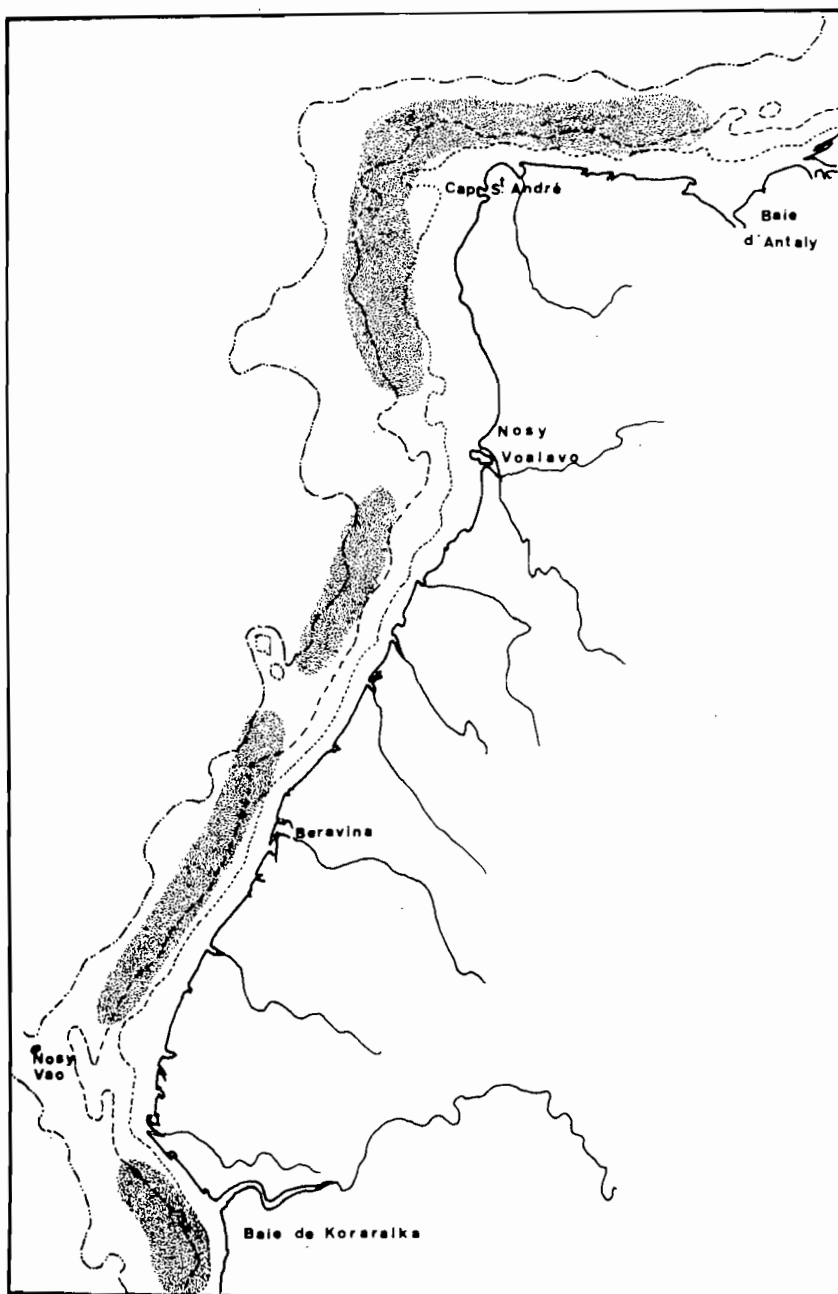


Fig.34 - Secteurs de pêche du cap Saint-André (zone 6),
de Beravina (zone 7) et de la baie de Koraraika (zone 8).

Il n'y a donc aucun profit à attendre d'une nouvelle augmentation de l'effort dans cette zone ; une diminution de celui-ci en début d'année permettrait même sans doute d'augmenter les prises totales et d'atteindre le niveau obtenu en 1972.

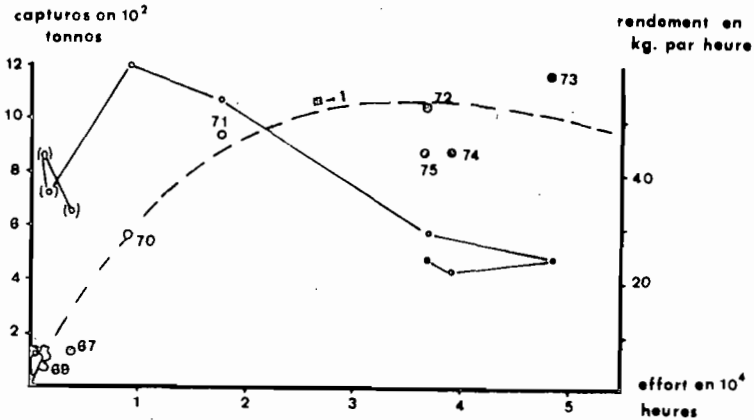


Fig.35 - Relation prise-effort dans la zone 6.

ZONE 6		m = 1		m = 2	
		Valeur calculée	Indice d'erreur (en %)	Valeur calculée	Indice d'erreur (en %)
EFFORT EN HEURES	YMax	1.055	65	1.142	8,3
	Fopt	36.193	16,5	35.846	12,9
	Uopt	29,1	15,7	31,8	15,2
	Uo	79,2	15,7	63,7	15,2
EFFORT EN JOURS	YMax	1.048	6,4	1.113	7,5
	Fopt	3.218	17,1	3.059	12,9
	Uopt	325	15,6	364	14,8
	Uo	885	15,6	727	14,8

TABLEAU 12 - Estimation pour la zone 6 des prises maximales équilibrées (YMax), de l'effort optimum (Fopt) et des rendements optimaux (Uopt) et initiaux (Uo) pour les différentes hypothèses concernant l'effort (en heure ou en jour) et le paramètre m du modèle généralisé de production.

3.7. ZONE DE BERAVINA

Cette zone s'étend de Nosy-Voalavo à Nosy-Vao. L'exploitation est très faible jusqu'en 1973 car les rendements obtenus y sont alors moins élevés que dans les zones 1 à 6. En 1973 les prises atteignent 231 et 557 t l'année suivante pour un effort de 22.000 heures pondérées. En 1975 l'effort de pêche a légèrement diminué (17.783 h) et le rendement moyen est passé de 24,9 kg/h à 28,5 kg/h (Fig.36).

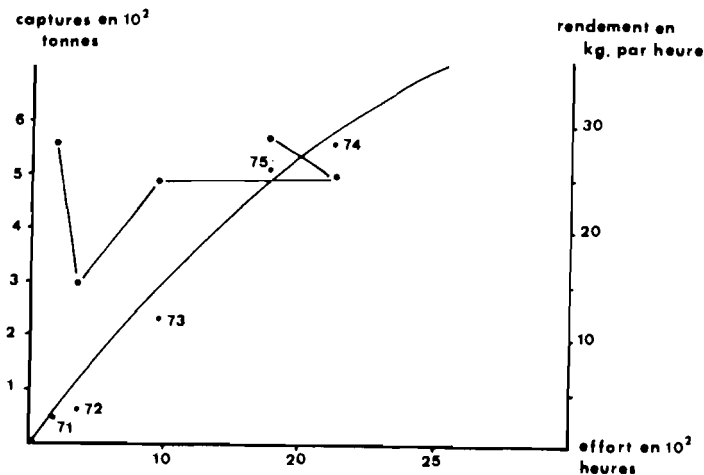


Fig.36 - Relation prise-effort dans la zone 7.

La proportion de la catégorie HL est importante (80 à 85%) et les crevettes, assez grosses, ont un calibre moyen très stable depuis 1972¹ (fig.17) (34,77 ; 34,54 ; 34,41 pour les années 1972, 1973, 1974). Bien que les rendements moyens soient faibles, la grande taille des crevettes fait que les captures ont une valeur commerciale intéressante.

Le bon maintien des rendements et des calibres depuis 1972 laisse supposer que ce stock est encore très sous-exploité ; nous ne pouvons encore estimer de façon précise quelle sera sa potentialité, mais des captures maximales de 700 à 800 tonnes paraissent possibles étant donné la grande surface de la zone chalutable.

3.8. BAIE DE KORARAİKA

Cette zone, beaucoup trop éloignée des différentes bases, ne peut attirer pour l'instant que quelques gros congélateurs.

¹ Le calibre moyen de 26,49 en 1971 ne peut avoir de signification car son calcul a été effectué sur un échantillon très petit.

En 1973, six tonnes seulement avaient été pêchées au nord de Maintirano, dans la baie de Koraraika. En 1974, toujours dans cette baie, 19 t ont été capturées pour un effort d'environ 54 jours pondérés. Les rendements moyens de l'ordre de 350 kg/j normalisés doivent permettre pour les gros congélateurs d'obtenir des prises d'environ 700 kg/j, constituées de crevettes de petits calibres. En 1975, les captures totales se sont élevées à 150 tonnes et le rendement moyen annuel a été de 52 kg/h.

3.9. ZONES NON ENCORE EXPLOITEES

Outre la baie de Koraraika dont nous venons de parler les régions de la côte ouest situées près du Cap Kimby, de Morondava et de Belo-sur-mer ne sont toujours pas exploitées alors que des prospections positives y ont été effectuées par les navires de la FAMAOKO de 1967 à 1969. Elles constituent donc des réserves encore accessibles à l'industrie crevettière malgache.

A proximité de Nosy-Bé, la baie d'Ampasindova et la zone située au nord de Port St-Louis paraissent avoir été exploitées très en deçà de leurs possibilités.

La baie d'Antongil.

Une prospection de la baie d'Antongil a été effectuée en avril 1973 par le "VAUBAN", navire de la Mission ORSTOM de Nosy-Bé (MARCILLE, 1973). Nous en rappelons ci-dessous les principaux résultats. Cette prospection a été la première effectuée dans cette zone en saison chaude, c'est-à-dire à une période où l'on pouvait espérer obtenir les meilleurs rendements. Ceux-ci ont été sur de grandes surfaces de 20 à 30 kg/h de *P. indicus* mais des rendements de 50 à 100 kg/h ont été obtenus par endroits. Ces rendements obtenus avec un chalut de 14 m de corde de dos, laissent présager de très bonnes possibilités de capture par un navire industriel. Les crevettes de nuit (*M. monoceros*, *P. japonicus*, *P. semibulcatus*) sont aussi présentes sur de grandes surfaces. Les meilleurs rendements pour *P. indicus* ont été obtenus sur des fonds de 10 à 15 m alors que les crevettes de nuit ont été pêchées jusqu'à 20-25 m.

Les fonds de pêches sont sains ; les quelques croches rencontrées sont indiquées sur la carte (Fig.37).

Bien que la houle assez forte et des vents de 10 à 20 noeuds aient rendu parfois le chalutage près de la côte dangereux, des crevettiers de 120 à 140 tonneaux de jauge brute devraient cependant pouvoir y travailler dans de bonnes conditions. La potentialité du stock est bien entendu très délicate à évaluer mais par analogie avec ce qui se passe sur la côte nord-ouest, doit se situer au moins aux environs de 400 ou 500 tonnes. Seule une exploitation effective de la zone pourra permettre d'évaluer la potentialité réelle du stock.

4 - Étude globale des zones 1 à 6

Nous avons effectué, pour l'ensemble des zones 1 à 6 une étude globale du stock, toutes espèces confondues. L'évolution des efforts de pêche et des rendements est donnée (Fig.38). Nous présentons dans le tableau 13 les prises et les efforts équilibrés calculés dans les modèles linéaires et exponentiels.

Les prises maximales équilibrées obtenues par le modèle linéaire sont de 5.085 t et 4.835 t selon que l'effort est estimé en heure ou en jour ; cependant la forme générale de la courbe calculée paraît assez éloignée de la

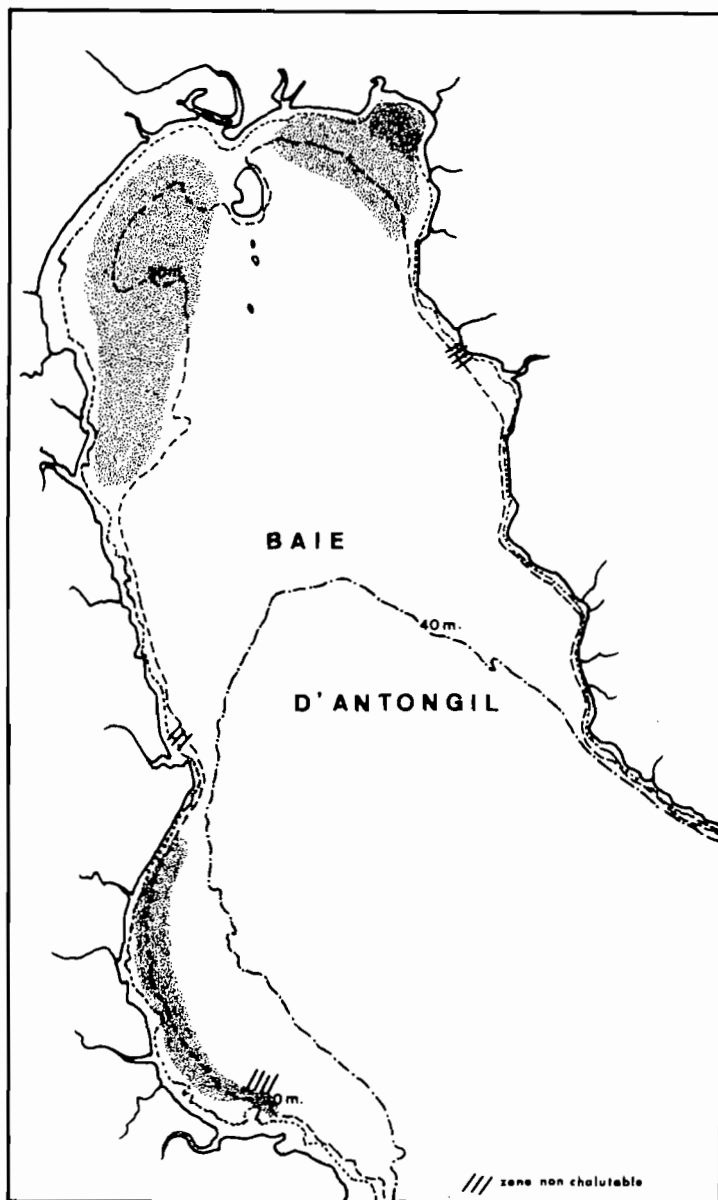


Fig.37 - Fonds à crevettes de la baie d'Antongil (MARCILLE, 1973).

courbe réelle observée et construite à la main. Le modèle correspondant à $m = 1$ s'ajuste mieux aux observations, les estimations de YMax sont alors 4.427 t pour 100.520 heures de chalutage ou 4.363 t pour 10.337 jours de pêche.

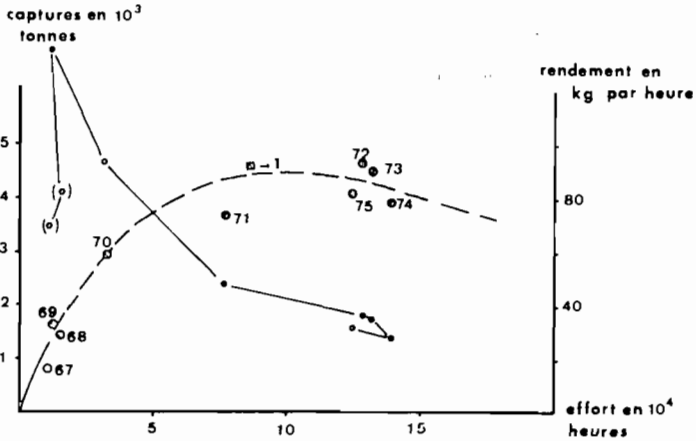


Fig.38 - Evolution des captures de *Penaeus indicus* en fonction de l'effort de pêche (zones 1 à 6).

ZONE 1 à 6		m = 1		m = 2	
		Valeur calculée	Indice d'erreur (en %)	Valeur calculée	Indice d'erreur (en %)
EFFORT EN HEURES	YMax	4.427	7,2	5.085	6,9
	Fopt	100.520	12,2	93.830	6,3
	Uopt	44,0	11,1	54,2	10,1
	Uo	119,6	11,1	108,4	10,1
EFFORT EN JOURS	YMax	4.363	5,5	4.835	4,9
	Fopt	10.337	9,5	9.267	5,4
	Uopt	422	7,9	522	7,3
	Uo	1.147	7,9	1.044	7,3

TABLEAU 13 - Estimation pour l'ensemble des zones 1 à 6, des prises maximales équilibrées (YMax), de l'effort optimum (Fopt) et des rendements optimaux (Uopt) et initiaux (Uo) pour les différentes hypothèses concernant l'effort (en heure ou en jour) et le paramètre m du modèle généralisé de production.

Nous voyons sur la figure 38 que la position du maximum de capture est égale pour une très large variation de l'effort. Les efforts de pêche en 1972, 1973 et 1974 ont été assez largement supérieurs aux efforts théoriques calculés par les différents modèles ; il est donc souhaitable qu'ils ne soient pas accrus dans les années à venir mais plutôt maintenus au niveau observé en 1975. Comme l'a fait remarquer GULLAND (1969b), le niveau optimal de l'effort de pêche est difficile à déterminer de façon précise, mais par contre, l'estimation des captures maximales obtenue par le modèle exponentiel est satisfaisante. Nous pouvons donc dire avec certitude que dans les conditions actuelles de l'exploitation du stock de la côte nord-ouest malgache, un nouvel accroissement de l'effort ne saurait entraîner d'augmentation des prises et risquerait même au contraire de provoquer leur diminution.

5 - Étude des stocks de chaque espèce

L'évaluation des prises par espèce ayant été obtenues à partir des données globales fournies par les usines, il ne nous est malheureusement pas possible de faire cette étude zone par zone. Les captures sont donc évaluées pour l'ensemble des zones 1 à 8. Le stock n'est plus alors exactement un stock unité situé dans des limites géographiques précises¹. Ne disposant pas de ventilation par espèce pour l'année 1975, cette étude ne prend en compte que les années 1969 à 1974.

5.1. *P. indicus*

En 1969 *P. indicus* a représenté environ 94% des captures totales ; ne possédant pas d'estimation pour les années précédentes, nous avons admis que la proportion était la même. L'effort de pêche utilisé est le jour de pêche pondéré. La courbe des prises en fonction de l'effort est donnée sur la figure 39, et les prises maximales équilibrées sont présentées dans le tableau 14 pour les deux valeurs de m retenues.

En 1973 et 1974 malgré l'exploitation des nouvelles zones de pêche au sud du cap St-André, les captures totales de *P. indicus* ont été en nette diminution ; l'effort optimal sur ce stock paraît donc atteint, et même dépassé. L'utilisation du jour de pêche comme unité d'effort pose cependant un problème car il est possible qu'en 1973 et 1974 il n'y ait pas eu toujours de recherche systématique de *P. indicus* pendant la journée, durant le second semestre. L'effort serait alors pour ces deux années légèrement surestimé, d'environ 10% en 1973 et de 15 à 20% en 1974². Quoi qu'il en soit, cela ne change pas fondamentalement l'allure de la courbe ni l'estimation de Y_{Max} et F_{opt} (Tableau 14). L'effort optimum se situe donc entre 7.700 et 8.000 jours de pêche pondérés. L'effort en 1975 a atteint 11.000 jours pour l'ensemble des zones 1 à 6. Une saine gestion des stocks rend nécessaire par conséquent une légère diminution de l'effort appliqué sur l'espèce *P. indicus*, l'effort excédentaire pouvant être reporté sur la côte ouest.

¹ Les zones 7 et 8 ne sont vraiment exploitées que depuis 1974.

² L'effort en 1973 se situe d'après nos estimations entre A et B (Fig.39) et en 1974 entre A' et B'.

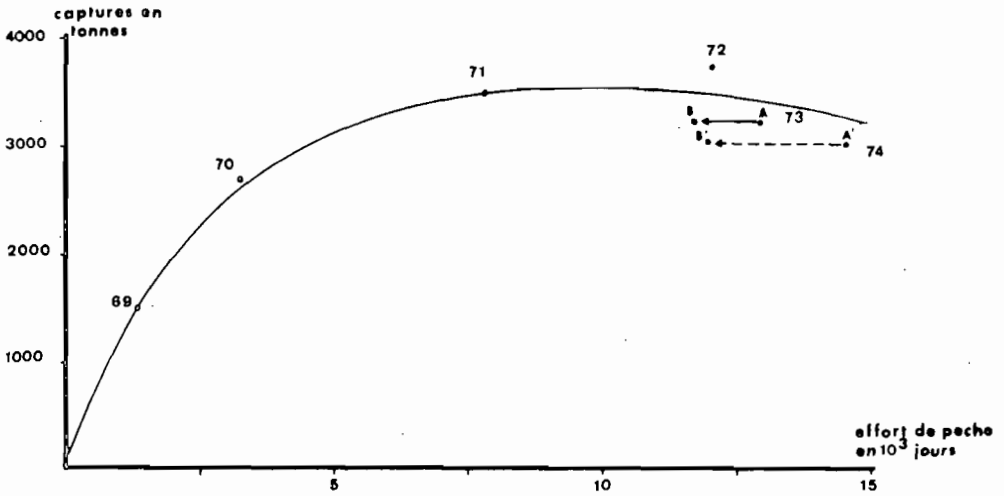


Fig.39 - Evolution des captures de *P.indicus* en fonction de l'effort de pêche ; Hypothèses A et B.

<i>Penaeus indicus</i>		m = 1		m = 2	
		Valeur calculée	Indice d'erreur (en %)	Valeur calculée	Indice d'erreur (en %)
HYPOTHESE A	YMax	3.782	2,8	4.569	7,6
	Fopt	7.977	4,5	8.853	4,4
	Uopt	474	5,7	516	10,3
	Uo	1.288	5,7	1.032	10,3
HYPOTHESE B	YMax	3.696	3,9	4.377	7,0
	Fopt	7.744	6,8	8.010	4,7
	Uopt	477	8,1	546	10,2
	Uo	1.296	8,1	1.092	10,2

TABLEAU 14 - Estimation pour *P.indicus* des prises maximales équilibrées (YMax) de l'effort optimum (Fopt) et des rendements optimaux (Uopt) et initiaux (Uo) pour les deux hypothèses concernant l'effort (en jour) et le paramètre m du modèle généralisé de production.

5.2. *P. monodon*

Cette espèce étant capturée surtout pendant la journée, nous pouvons prendre comme effort de pêche, celui utilisé pour *P. indicus*. Comme *P. monodon* est peu abondant et peu recherché en zone 1, nous considérons que la meilleure estimation de l'effort est donnée par le nombre de jours de pêche dans les zones 2 à 7. La courbe prise-effort est présentée sur la figure 40. Les estimations de YMax sont 142 tonnes ($m = 1$) et 130 tonnes ($m = 2$) pour des efforts optimum atteignant 16.232 jours ($m = 1$) et 11.326 jours ($m = 2$) (Tableau 15).

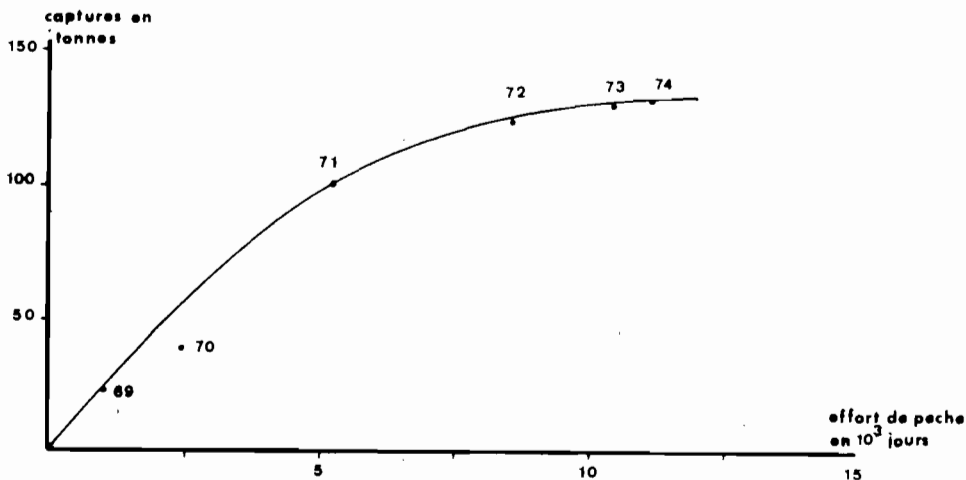


Fig.40 - Evolution des captures de *P. monodon* en fonction de l'effort de pêche.

Depuis 1972 les captures totales de *P. monodon* ne se sont que très peu accrues malgré l'exploitation nouvelle de la zone 7 où cette espèce est abondante. Avec 128 tonnes en 1974 les prises semblent donc proches de leur maximum.

Avant d'en conclure que le stock a atteint son niveau d'exploitation maximum, nous devons insister sur le fait que *P. monodon* ne fait pas l'objet d'une recherche active, mais n'est capturé que de façon accessoire ; le palier observé (fig.40) peut donc ne pas représenter la potentialité limite réelle de ce stock. L'augmentation du calibre moyen qui est passé de 7,54 en 1972 à 9,87 en 1973 et 9,96 en 1974 nous incite cependant à croire que l'exploitation de ce stock est proche de son maximum.

<i>Penaeus monodon</i>	m = 1		m = 2	
	Valeur calculée	Indice d'erreur (en %)	Valeur calculée	Indice d'erreur (en %)
YMax	142	12,3	130	7,5
Fopt	16.232	19,0	11.326	11,9
Uopt	8,8	8,9	11,5	7,2
Uo	23,8	8,9	23,0	7,2

TABLEAU 15 - Estimation pour *P.monodon* des prises maximales équilibrées (YMax), de l'effort optimum (Fopt) et des rendements optimaux (Uopt) et initiaux (Uo) pour les deux valeurs du paramètre m du modèle généralisé de production ; l'effort est exprimé en heure standard.

5.3. *M. monoceros*

Les captures de *P.monoceros* pour les années 1969 à 1974 sont présentées dans le tableau 5. L'essentiel des prises de cette espèce est obtenu la nuit¹.

L'effort de pêche sur ce stock est très difficile à évaluer de façon précise puisque nous ne disposons pas d'informations sur la ventilation du temps de chalutage exercé entre le jour et la nuit ; de 1968 à 1970 *P.monoceros* n'est capturé que de façon occasionnelle, surtout à partir du second semestre ; depuis 1971, la baisse des rendements de *P.indicus*, a entraîné une progression régulière du temps de pêche de nuit qui s'est traduit par une augmentation des apports en crevettes de catégorie HO. En estimant à 9 h le temps moyen de chalutage diurne par 24 h, nous pouvons calculer (Tableau 16) l'évolution de l'effort de pêche nocturne (Hypothèse A).

La courbe des captures en fonction de l'effort est présentée sur la figure 41, et les valeurs de YMax et Fopt sont présentées dans le tableau 17. Les prises maximales équilibrées calculées sont de 1.013 tonnes et 1.053 tonnes pour des efforts de 37.310 heures et 33.324 heures.

En 1973 et 1974, sans que nous puissions le chiffrer avec exactitude, nous estimons que le temps de chalutage moyen durant la journée, a été inférieur à 9 heures.

¹ 10 à 15% des apports proviennent cependant de pêches diurnes.

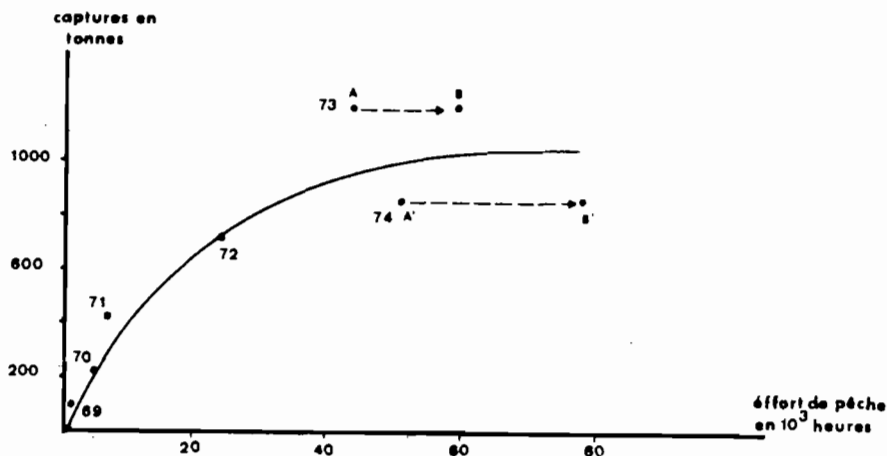


Fig.41 - Evolution des captures de *M.monoceros* en fonction de l'effort de pêche : Hypothèses A et B.

		1969	1970	1971	1972	1973	1974
Nombre moyen d'heures de chalutage par 24 h pour la flottille		9,2	10,2	9,8	10,9	12,1	12,4
Temps moyen de chalutage de nuit	Hyp. A	0,2	1,2	0,8	1,9	3,2	3,4
	Hyp. B	0,2	1,2	0,8	1,9	4,2	5,4
Effort de nuit en heures	Hyp. A	272	3.924	6.347	23.098	42.701	49.033
	Hyp. B	272	3,924	6.347	23.098	56.000	76.000
Captures totales =		56	130	428	714	1.200	850

TABLEAU 16 - Estimation de l'effort de pêche sur *M.monoceros* pour les zones 1 à 7

Pour certains navires le temps de pêche de jour a été en effet très faible au cours du second semestre¹. En conséquence l'effort de pêche dans l'hypothèse A nous paraît très inférieur à l'effort réel. Dans l'hypothèse B nous avons estimé que le temps moyen de chalutage de jour est passé de 9 h en 1972 à 8 h en 1973 et 7 h en 1974. L'effort de nuit en heures est donné dans le tableau 17 ; les prises maximales équilibrées obtenues par les modèles sont alors de 1.110 et 1.471 tonnes pour des efforts de 41.780 et 45.500 heures. Nous voyons que pour l'une et l'autre hypothèse, le niveau d'exploitation maximum de ce stock est atteint et que l'effort de pêche optimum a même été dépassé.

¹ Quand il n'y a plus de *P.indicus* pendant la journée, la pêche est arrêtée et s'effectue alors uniquement pendant la nuit.

Le calibre moyen de *M.monoceros* s'est en outre accru fortement de 1969 à 1974, puisqu'il est passé de 42,18 à 59,39. Aucun accroissement nouveau des prises ne peut donc être attendu d'un accroissement de l'effort de pêche.

<i>Metapenaeus monoceros</i>		$\bar{m} = 1$		$m = 2$	
		Valeur calculée	Indice d'erreur (en %)	Valeur calculée	Indice d'erreur (en %)
HYPOTHESE A	YMax	1.013	16,7	1.153	13,3
	Fopt	37.310	24,8	33.324	12,6
	Uopt	27,1	18,8	34,6	17,3
	Uo	73,7	18,8	69,2	17,3
HYPOTHESE B	YMax	1.110	13,9	1.471	14,2
	Fopt	41.780	18,1	45.495	7,8
	Uopt	26,5	17,3	32,3	16,9
	Uo	72,2	17,3	64,7	16,9

TABLEAU 17 - Estimation pour *M.monoceros* des prises maximales équilibrées (YMax), de l'effort optimum (Fopt) et des rendements optimaux (Uopt) et initiaux (Uo) pour les deux hypothèses concernant l'effort (en heure) et le paramètre m du modèle généralisé de production.

5.4. *P. semisulcatus*

P.semisulcatus est principalement capturé dans les baies du nord (zone 1 et 2) et à un degré moindre dans les zones situées plus au sud. Très peu de *P.semisulcatus* sont capturés dans la zone du cap St-André et sur la côte ouest. L'effort sur cette espèce peut donc être estimé par l'effort appliqué de nuit dans les zones 1 à 5. L'effort a été estimé en se basant sur les mêmes hypothèses que pour *P.monoceros* (hypothèse A et hypothèse B). Les valeurs obtenues sont présentées dans le tableau 18.

		1969	1970	1971	1972	1973	1974
Effort en heures	Hyp. A	240	2.950	4.840	16.100	28.012	32.500
	Hyp. B	240	2.950	4.840	16.100	37.000	50.000
Captures totales		18	61	64	86	278	484

TABLEAU 18 - Estimation de l'effort de pêche sur *P.semisulcatus* pour les zones 1 à 5.

Le modèle exponentiel donne un effort optimum compris entre 28.680 et 37.060 heures et des captures maximales de 343 à 397 tonnes (Tableau 19). Malgré une très forte augmentation des prises en 1974, il apparaît donc que ce stock a lui aussi atteint son niveau maximum d'exploitation. Les fortes captures de 1974 sont dues en majeure partie à l'exploitation intensive d'un stock qui venait d'être découvert. Il est désormais peu probable que les prises de *P. semisulcatus* puissent être augmentées, et la stagnation des captures totales en 1975¹ paraît confirmer cette opinion (Fig.42).

<i>Penaeus semisulcatus</i>		m = 1		m = 2	
		Valeur calculée	Indice d'erreur (en %)	Valeur calculée	Indice d'erreur (en %)
HYPOTHESE A	YMax	343	53,0	431	31,4
	Fopt	28.682	79,0	21.781	28,6
	Uopt	11,9	51,9	19,8	40,9
	Uo	32,5	51,9	39,5	40,9
HYPOTHESE B	YMax	397	52,4	444	52,3
	Fopt	37.059	75,8	20.535	12,1
	Uopt	10,7	53,8	21,6	52,9
	Uo	29,1	53,8	43,3	59,9

TABLEAU 19 - Estimation pour *P. semisulcatus* des prises maximales équilibrées (YMax) de l'effort optimum (Fopt) et des rendements optimaux (Uopt) et initiaux (Uo) pour les deux hypothèses concernant l'effort (en heure), et le paramètre m du modèle généralisé de production.

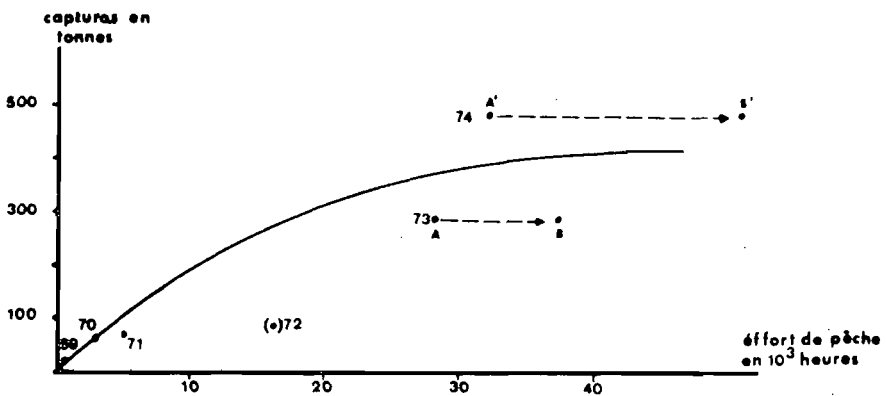


Fig.42 - Evolution des captures de *P. semisulcatus* en fonction de l'effort de pêche : Hypothèses A et B.

¹ Année pour laquelle nous n'avons pu avoir malheureusement aucune ventilation par espèce.

6 - Commentaire général sur la relation entre la prise et l'effort de pêche

Pour le stock que nous avons étudié, et dans la plupart des zones, il apparaît que les captures maximales peuvent être obtenues pour un niveau d'effort relativement bas ; les captures restent ensuite stables même pour des valeurs élevées de l'effort. Ce type de relation s'observe dans de très nombreuses pêcheries : en Arabie Séoudite, malgré un quadruplement de l'effort, les captures n'ont pu être augmentées ; elles ont même diminué d'environ 20% (ELLIS, 1975). Des phénomènes similaires sont observés au Pakistan (FAO, 1971) et au Panama (BOEREMA, 1961). Il en résulte qu'un dépassement de l'effort optimal ne présente pas de danger s'il est maintenu dans des limites raisonnables ; cependant, il est contraire à une gestion économique rationnelle du stock.

D'une façon générale, le modèle généralisé de production s'adapte assez bien aux points observés tout au moins lorsque m tend vers 1. Cette valeur de m traduit une relation implicite d'indépendance entre le recrutement et le stock parental ou l'intensité de pêche.

7 - Aspects d'ordre économique

Très souvent l'objectif, dans l'exploitation d'un stock, est d'atteindre le niveau des captures maximales constantes de ce stock ; c'est ce niveau que nous avons cherché à définir précédemment. Cette notion simple de rendement maximal constant est cependant très critiquée par les économistes. D'après GULLAND (1972) : "La courbe exprimant les prises par rapport à l'effort de pêche étant aplatie à l'approche du maximum, l'augmentation marginale des prises obtenues en faisant passer l'effort de pêche au maximum, à partir d'un point immédiatement inférieur à celui-ci, est très faible c'est-à-dire que si l'on exprime les prises et les efforts de pêche en termes monétaires, une très faible augmentation de la valeur de la prise exigera une augmentation bien supérieure du coût de la capture". Ce phénomène est encore accentué dans le cas de l'exploitation des crevettes pénéides malgaches du fait de la diminution relative de l'espèce *P. indicus* commercialement la plus intéressante, et de l'augmentation des calibres des autres espèces (catégorie Tiger, Pink, Brown). A partir d'un certain niveau il semble que le gain en poids ne puisse plus entraîner une augmentation des revenus du stock.

La valeur réelle des captures n'ayant pas pour nous d'intérêt par elle-même et étant sujette à des variations suivant les cours mondiaux de la crevette et les parités des monnaies, nous avons pris comme valeur unité celle des prises en 1969 ; la valeur "fictive" des captures pour chaque année a été calculée sur la base des cours moyens à la bourse de New-York en 1973, pour les différents calibres et les différentes catégories de crevettes. Les coefficients obtenus calculés en valeur relative par rapport à l'année 1969 sont présentés sur le tableau 20.

Nous voyons que le poids pêché est passé de 1 en 1969 à 2,7 en 1974 et 2,86 en 1975 ; la valeur des prises est passée elle de 1 à 2,54 ; elle a donc progressé moins vite. Pendant ce même temps les coûts ont été multipliés

par 10¹ ; ceci fait qu'en 1974 le rapport valeur/coût était égal au 1/4 du rapport de 1969. Alors qu'en 1970 un accroissement de l'effort de 130% a permis d'accroître la valeur pêchée de 82%, le coût supplémentaire en 1971 est de 140% pour un gain supérieur de 37% seulement. En 1972-1973 le rapport de l'accroissement de la valeur sur l'accroissement du coût n'est plus que de 13%. Une saine gestion du stock implique donc que l'effort de pêche soit maintenu au niveau de 1971².

ANNEE	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
Captures en valeur	1	1,82	2,50	2,53	2,72	2,54	(2,54)
Captures en poids	1	1,80	2,49	2,87	2,93	2,73	2,86
Coût = Effort (en jour pondéré)	1	2,3	5,5	8,3	9,3	10,3	8,6
Valeur/poids	1	1,01	1,0	0,88	0,93	0,93	(0,88)
Valeur/coût	1	0,79	0,45	0,30	0,29	0,25	(0,29)
(1) Accroissement annuel de la valeur en pourcentage		82	37	1,2	7,5	6,6	0
(2) Accroissement annuel du coût en pourcentage		130	140	51	12	11	- 16
(1)/(2) en pourcentage		63	26	Moyenne 1972-1973 13%			

TABLEAU 20 - Evolution des captures en poids et en valeur.

¹ Nous avons estimé ici que les coûts étaient proportionnels à l'effort de pêche ; ceci n'est en fait pas exact puisque pour chaque armement, il existe des frais fixes indépendants du nombre de navires qu'il possède (usine, installations à terre, administration ...).

² Nous considérons ici l'effort de pêche sur la côte nord-ouest seule.

8 - Problèmes posés par l'exploitation des stocks de niveaux potentiels différents. Implications pour une stratégie d'exploitation rationnelle

8.1. POSITION DU PROBLEME

Dans des stocks différents, qu'il s'agisse d'espèces différentes capturées dans une même zone ou d'une même espèce exploitée dans des zones géographiques différentes, il est rare que les rendements correspondants aux productions maximales équilibrées soient strictement identiques. Nous résumons dans le tableau 21, les rendements optimaux calculés pour les zones 1 à 6 quand $m \rightarrow 1$ et les efforts correspondants, ainsi que les rendements et les efforts observés en 1974 et 1975. Nous constatons que le rendement optimum est très variable d'une zone à l'autre et que ceux observés en 1974 et 1975 tendent par contre vers un même niveau¹ ; par conséquent plus un stock aura un niveau potentiel² élevé, plus il sera exposé à un risque de surexploitation biologique³. Lorsqu'aucune limitation du nombre de navires n'intervient, le rendement vers lequel on tend se situe par définition au "niveau économique"⁴. C'est la position respective des niveaux potentiels et économiques qui fait ainsi que certaines zones pourront être surexploitées biologiquement alors que d'autres seraient encore sous-exploitées.

Il est facile de comprendre que tant que les rendements seront supérieurs dans une zone, même si celle-ci a atteint son niveau de surexploitation biologique, les navires de pêche ne seront pas tentés d'aller travailler dans des zones vierges ou sous-exploitées si les rendements obtenus dans ces dernières y sont inférieurs. L'extension de la pêche dans une zone vierge aura encore moins de chance de se produire si le rendement potentiel de celle-ci est inférieur à celui qui correspond au niveau économique.

¹ Il est probable que ce niveau aurait été encore plus uniforme si aucune limitation n'avait été décidée au déplacement des navires vers les zones situées au nord de Majunga.

² C'est le niveau auquel un stock exploité est susceptible de revenir immédiatement si toute exploitation cessait c'est-à-dire si f devenait nul. A ce niveau correspond donc le point où l'axe des ordonnées est coupé par la droite d'équilibre dans un modèle linéaire ou par la courbe d'équilibre dans un modèle exponentiel.

³ Lorsque l'exploitation s'intensifie, il arrive un moment où le recrutement lui-même est affecté et commence à diminuer. Il devient insuffisant pour assurer un retour immédiat au niveau potentiel maximal comptable avec l'environnement écologique en cas d'arrêt total de la pêche. Le stock est en situation de surexploitation biologique (DAGET et LE GUEN, 1975).

⁴ Quel que soit le modèle, il existe sur la droite ou la courbe de rendement équilibrée un point remarquable dit point de surexploitation économique. Au delà de ce point, le rendement à l'unité d'effort devient trop faible pour que la poursuite de la pêche soit rentable : il y a surexploitation économique. En d'autres termes, si l'effort total de pêche est plus élevé que l'abscisse de ce point, le rendement à l'unité d'effort tombe au-dessous de son seuil de rentabilité et les pêcheurs sont obligés de renoncer à leur activité (DAGET et LE GUEN, 1975).

8.2. EXPLOITATION OPTIMALE DE DEUX ZONES AYANT DES NIVEAUX POTENTIELS DIFFERENTS

Nous prendrons comme exemple les zones 6 et 7 vers lesquelles l'effort de pêche se développe de plus en plus. En zone 6, le rendement potentiel avant exploitation est d'environ 50 à 80 kg/h ; la figure 35 nous montre qu'au-delà de 20.000 heures les captures ne progressent pratiquement plus. En zone 7 le rendement en début d'exploitation semble correspondre à une p.u.e. de 40 à 50 kg par jour. Les rendements moyens obtenus en 1974 et 1975 sont restés constants (25 kg/h) alors que l'effort de pêche atteignait 20.000 heures standard. Nous pouvons raisonnablement penser étant donné la superficie de cette zone et le fait qu'elle n'ait pas été encore totalement explorée, que ce niveau de rendement se maintiendra pour des efforts e l'ordre de 30.000 heures. Dans le tableau 22 nous montrons quelles sont les quantités totales pêchées que l'on peut théoriquement obtenir pour un effort de 50.000 heures différemment réparties entre ces deux zones. Les captures totales sont maximum lorsque la zone 6 est exploitée avec un faible effort¹ et une rentabilité élevée (rendement moyen 46 kg/h), l'effort de pêche en excédent étant appliqué en zone 7, même si les rendements moyens y sont faibles et même inférieurs au seuil économiquement rentable.

8.3. EXPLOITATION OPTIMALE DE N ZONES - GENERALISATION DE LA METHODE

Nous venons de voir comment, pour obtenir des captures totales supérieures, on devait répartir les efforts de pêche entre deux zones dont les rendements optimaux sont très différents. Nous pouvons rechercher la meilleur répartition de l'effort dans le cas plus général où N zones sont exploitées.

Principe du modèle :

Chaque zone est définie par une relation prise-effort de la forme $Y = aF e^{-bF}$ (modèle de FOX, 1970, lorsque $m + 1$). Nous obtenons un système de N équations.

$$Y_1 = a_1 F_1 e^{-b_1 F_1}$$

$$Y_2 = a_2 F_2 e^{-b_2 F_2}$$

$$\vdots$$

$$Y_n = a_n F_n e^{-b_n F_n}$$

Dans ce système nous recherchons pour des valeurs croissantes de l'effort total

$$E = \sum_{i=1}^{i=n} F_i$$

quelle est la répartition des valeurs de F_i qui permet d'obtenir une prise maximale

$$Y_{Max} = \sum_{i=1}^{i=n} F_i$$

¹ Inférieur à l'effort optimal calculé pour $m = 1$.

ZONES	1	2	3	4	5	6
U _{opt} (m=1)	38	103	141	101	26	29
F _{opt} (m=1)	36.580	7.235	2.645	3.981	28.700	36.193
U 1974 kg/h	34	40	57	19	19	22
F 1974	36.280	17.990	4.189	10.021	31.957	39.345
U 1975 kg/h	37	45	117	35	24	24
F 1975	29.889	16.663	2.369	8.986	29.401	36.900

TABLEAU 21 - Rendements et efforts optimum calculés quand $m=1$
et rendements et efforts observés en 1974 et 1975

ZONE 6			ZONE 7			ZONE 6 + 7	
Effort 10^3 h	Rendement en kg/h	Capture en tonnes	Effort 10^3 h	Rendement en kg/h	Capture en tonnes	Captures totales en tonnes	Rendement en kg/h
20	46	920	30	25	750	1670	33,4
25	40	1000	25	25	625	1625	32,5
30	34,7	1040	20	25	500	1540	30,8
35	30,3	1065	15	25	375	1435	28,7
40	26,5	1060	10	25	250	1310	26,2
45	23,1	1040	5	25	125	1165	23,3
50	20,0	1000	0	25	0	1000	20,0

TABLEAU 22 - Captures pouvant être obtenues dans l'ensemble des zones 5
et 6 avec un effort de pêche de 50.000 heures en fonction
de la répartition de cet effort.

Application et résultats :

Nous avons appliqué ce modèle dans le cas des six zones précédemment décrites. Les équations de production en fonction de l'effort sont données pour chacune d'elles dans le tableau 23. Pour l'ensemble de la côte ouest, la prise maximale potentielle est estimée à 830 tonnes¹ pour un effort d'environ 45.000 heures. Les zones de pêche de la côte ouest étant très éloignées du seul point d'attache actuellement possible, Majunga, nous introduisons arbitrairement dans le modèle la réserve suivante : aucun effort n'est appliqué dans la zone 7, tant que le gain possible dans cette zone, pour un accroissement d'effort donné, n'est pas supérieur de 20% au gain escompté dans l'une des zones 1 à 6 pour le même accroissement d'effort ; en effet plus une aire de pêche est éloignée du port d'attache, plus les rendements doivent être grands pour compenser les temps morts consacrés aux trajets. Dans le cas où seule la côte nord-ouest est exploitée nous donnons dans le tableau 24 la répartition optimale de l'effort de pêche entre les différentes zones pour différents niveaux de l'effort total, et sur la figure 43 les captures totales alors possibles. Nous voyons (courbe 1 figure 44) que pour un effort total identique à celui des années 1972-1975, compris entre 130.000 et 150.000 heures de chalutage, les prises totales des zones 1 à 7-8 peuvent être augmentées d'environ 600 tonnes. La même simulation est effectuée (Tableau 25 et Fig.44 courbe 2) dans le cas où la baie d'Antongil est exploitée elle aussi². Pour cette zone les paramètres utilisés dans la simulation sont $a = 50$, $b = 3,5 \cdot 10^{-5}$. Le choix de ces valeurs est basé sur le fait que des captures maximales de 500 tonnes au moins paraissent possibles étant donné l'étendue de la zone et les rendements initiaux obtenus lors de la prospection effectuée par le "VAUBAN". Dans ce cas, les prises totales pour un effort de 130 à 150.000 heures pourraient être augmentées d'environ 700 tonnes.

	a	b
ZONE 1	102,30	$2,7350 \cdot 10^{-5}$
ZONE 2	225,02	$1,0275 \cdot 10^{-4}$
ZONE 3	384,42	$4,0575 \cdot 10^{-4}$
ZONE 4	273,55	$2,5125 \cdot 10^{-4}$
ZONE 5	54,58	$2,5315 \cdot 10^{-5}$
ZONE 6	79,181	$2,7640 \cdot 10^{-5}$
ZONE 7 + 8	48 00	$2,187 \cdot 10^{-5}$

TABLEAU 23 - Paramètres a et b de la relation $Y = af^{-bf}$ utilisés pour chaque zone.

¹ Etant donné la surface des fonds de pêche, cette valeur ne peut être à notre avis que sous-estimée.

² Avec la même réserve des "20%" que pour la zone 7-8.

REPARTITION OPTIMALE DE L'EFFORT DE PECHE							
EFFORT TOTAL 10^3h	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Zones 7 + 8
10	2	4	1	2	0	0	0
20	8	5	2	2	0	3	3
30	11	6	2	3	1	7	0
40	13	6	2	3	4	10	2
50	15	6	2	3	7	12	5
60	17	7	2	3	9	14	8
70	19	7	2	3	12	16	11
80	21	8	2	3	14	18	14
90	23	8	2	3	17	20	17
100	25	8	2	3	19	22	21
110	26	8	2	4	22	24	24
120	28	9	2	4	24	26	27
130	30	9	2	4	27	28	30
140	31	9	2	4	30	30	34
150	33	9	2	4	33	32	37
160	34	9	2	4	36	34	41
170	36	10	2	4	38	36	44

TABLEAU 24 - Répartition optimale de l'effort de pêche entre les différentes zones (1 à 7 + 8) pour différents niveaux de l'effort total (les efforts sont exprimés en 10^3 heures).

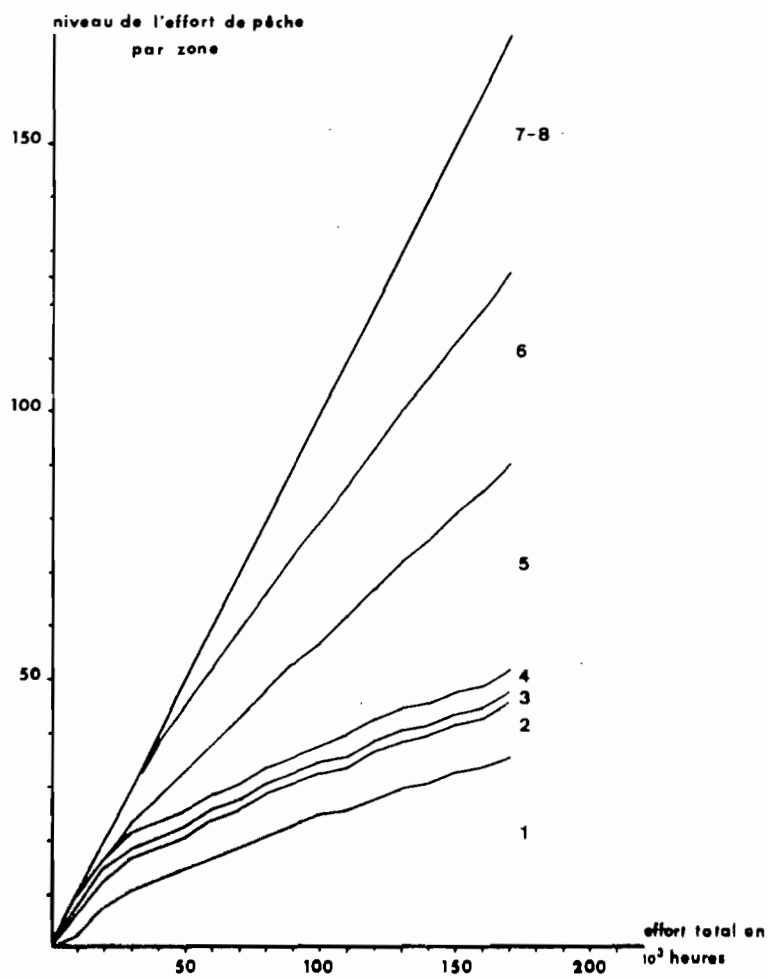


Fig.43 - Répartition optimale de l'effort de pêche entre les zones 1 à 7-8.

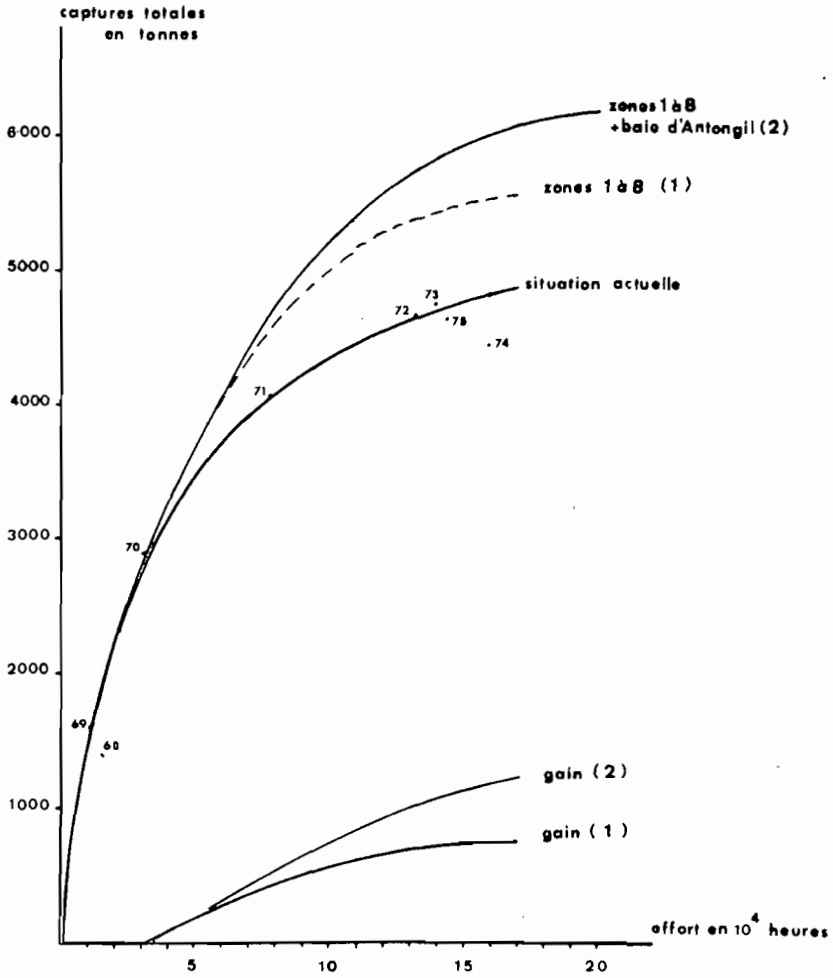


Fig.44 - Captures totales et gains (en tonnes de crevettes entières) pouvant être obtenus avec une répartition optimale de l'effort de pêche.

(1) Dans les zones 1 à 8.

(2) Dans les zones 1 à 8 et la baie d'Antongil.

Effort total 10^3 h	REPARTITION OPTIMALE DE L'EFFORT DE PECHE							Baie d'Antongil
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Zones 7 + 8	
10	3	4	1	2	0	0	0	0
20	8	5	2	2	0	3	0	0
30	11	6	2	3	1	7	0	0
40	13	6	2	3	4	10	2	0
50	15	6	2	3	6	12	5	1
60	17	7	2	3	8	13	7	3
70	18	7	2	3	10	15	10	5
80	20	7	2	3	12	17	12	7
90	21	8	2	3	15	18	14	9
100	23	8	2	3	17	20	17	10
110	24	8	2	3	19	21	20	13
120	26	8	2	3	21	23	22	15
130	27	8	2	4	23	25	25	16
140	28	9	2	4	25	26	27	19
150	30	9	2	4	27	28	30	20
160	31	9	2	4	29	29	33	23
170	32	9	2	4	32	31	35	25
180	34	9	2	4	34	32	38	27
190	35	9	2	4	36	34	41	29
200	36	10	2	4	38	35	44	31

TABLEAU 25 - Répartition optimale de l'effort de pêche entre les différentes zones (1 à 7-8 + Baie d'Antongil) pour différents niveaux de l'effort total. (Les efforts sont exprimés en 10^3 heures).

Conclusion :

Les avantages d'une répartition de l'effort ainsi optimisée sont de deux ordres.

- Le premier et le plus évident, c'est la possibilité d'obtenir des captures totales accrues et donc d'avoir une meilleure rentabilité de l'ensemble de la flottille. Le gain possible pour un même niveau de l'effort de pêche peut être estimé à environ 600 tonnes de crevettes entières. Soit un gain en valeur relative d'environ 20%.

- Le second avantage, essentiel lui aussi, est que la surexploitation des zones à potentiel élevé est ainsi évitée, par conséquent le risque de voir la fécondité ou le recrutement de ces stocks diminuer est moindre.

8.4. PROBLEMES POSES PAR UNE TELLE STRATEGIE

Sur le plan des apports totaux et donc des bénéfices retirés ce schéma est satisfaisant mais il nécessite une répartition autoritaire de l'effort de pêche difficile à mettre en oeuvre.

a) - Problèmes liés à l'existence d'armements concurrents.

Si une limitation du nombre des navires est décidée dans chaque zone, il faut ensuite répartir les droits de pêche entre les différents armements concurrents. Si nous reprenons l'exemple des zones 6 et 7, il est bien évident que chaque armement a intérêt à pêcher en zone 6 et non en zone 7 ; l'intérêt serait encore plus évident si l'on compare les zones de pêche situées au nord de Majunga et celles situées au sud ; chaque armement désire pouvoir effectuer librement sa saison de pêche dans les zones 1 à 4, tant que les rendements optimaux y sont élevés. La répartition des autorisations de pêche par zone devra donc être décidée par le Service des pêches en tenant compte de la localisation géographique du port d'attache de chaque armement (afin d'éviter des temps de voyages trop longs), de la nature des chalutiers (glaciers ou congélateurs), de leur autonomie et de la potentialité de chacun des stocks.

b) - Problèmes des primes d'équipage.

Une fois faite la répartition des licences de pêche entre les différents armements pour chaque zone, les armements devront eux ventiler leurs navires dans ces zones. Capitaines et matelots, dont une large partie du salaire provient des primes de rendement ont intérêt à aller pêcher dans les zones de meilleur rendement, même si ces zones sont biologiquement surexploitées, ce qui n'est évidemment pas leur souci immédiat.

Le système des primes de rendement ne peut sans doute être supprimé car elles sont une motivation essentielle ; la solution pourrait être alors soit un changement de zone après chaque voyage, soit un indice de prime différent suivant les zones de pêche. Dans tous les cas il est à craindre que les capitaines d'armement ne se heurtent à une réticence des patrons de pêche toujours jaloux de leur libre décision quant aux choix des zones où ils vont travailler. L'exploitation rationnelle des stocks présente donc de grandes difficultés, et ne peut être résolue à notre avis que par des mesures à caractère dirigiste.

4. approche analytique de la dynamique des populations

Introduction

Les questions généralement posées au biologiste des pêches sont les suivantes :

- A quelle taille a-t-on intérêt à commencer l'exploitation d'un groupe d'individus ?
- Y a-t-il intérêt à fermer la pêche pendant certaines saisons ?
- Quelles sont les réponses, en termes de production totale et de rendement, du stock à divers niveaux d'exploitation ?

Si les modèles logistiques vus au chapitre précédent permettent de répondre de façon satisfaisante à la troisième question, des analyses plus fines, intégrant divers paramètres biologiques, sont nécessaires pour répondre aux deux premières. Ces paramètres concernent essentiellement les périodes et l'importance du recrutement des jeunes, l'âge au recrutement, les coefficients de la courbe de croissance pondérale des individus pêchés, la mortalité naturelle de ces individus ; ils peuvent être intégrés dans des modèles dits "analytiques" tels ceux de BEVERTON et HOLT ou de RICKER, grâce auxquels il est possible de déterminer l'âge et la taille au recrutement donnant la production par recrue maximum, de simuler des fermetures de pêche et d'en prévoir ainsi les effets, d'examiner les interactions que peuvent avoir différents types d'exploitation les uns sur les autres.

1 - Étude de la mortalité

L'étude de la mortalité a été abordée à partir de deux techniques :

- l'étude des taux de recapture de crevettes préalablement marquées
- l'étude des calibres des crevettes traitées en usine.

La première de ces deux études a été présentée par LE RESTE et MARCILLE (1976), nous ne présentons donc ici que la seconde.

1.1. DONNEES DE BASE

Les calculs des coefficients instantanés de mortalité sont obtenus à partir des données de calibre fournies par les usines ou par les navires.

Les données utilisées sont celles obtenues de la société FAMAKO, qui ont l'avantage d'être connues par mois et par zone de pêche. Ces données, rappe-lons-le, sont regroupées en plusieurs catégories : la catégorie HL (crevettes étêtées) comprend principalement des *P. indicus* mais aussi quelques *M. monoceros* et *P. semisulcatus*. De janvier à juillet les proportions des deux dernières espèces sont tout à fait négligeables ; elles l'étaient aussi jusqu'en 1973 comme le montre le tableau ci-dessous qui présente la ventilation par espèce de la catégorie HL (ventilation faite au moment de l'exportation seulement).

En 1970 et 1971 les proportions exactes de "White" ne sont pas connues mais s'approchent vraisemblablement de celles de 1972. Chaque navire de la FAMAKO (8 en 1970, 16 en 1971 et 1972, 13 en 1973) est du même type et effectuée à bord l'étêtage, soit au moment de la pêche soit le plus souvent en fin de journée quand la pêche est arrêtée. De ce fait la proportion de *P. indicus* dans les captures totales est supérieure pour cet armement à celle d'autres navires qui peuvent pêcher de jour et de nuit puisqu'ils n'effectuent pas alors de conditionnement à bord. Pour l'ensemble du traitement ultérieur, nous considérons donc que la catégorie HL représente l'espèce *P. indicus*.

Catégorie HL	1972	1973
White (<i>P. indicus</i>)	96,54	80,81
Pink (<i>M. monoceros</i>)	2,24	11,39
Brown (<i>P. semisulcatus</i>)	1,22	7,79

En 1970 et 1971 les proportions exactes de "White" ne sont pas connues mais s'approchent vraisemblablement de celles de 1972. Chaque navire de la FAMAKO (8 en 1970, 16 en 1971 et 1972, 13 en 1973) est du même type et effectuée à bord l'étêtage, soit au moment de la pêche soit le plus souvent en fin de journée quand la pêche est arrêtée. De ce fait la proportion de *P. indicus* dans les captures totales est supérieure pour cet armement à celle d'autres navires qui peuvent pêcher de jour et de nuit puisqu'ils n'effectuent pas alors de conditionnement à bord. Pour l'ensemble du traitement ultérieur, nous considérons donc que la catégorie HL représente l'espèce *P. indicus*.

1.2. TRANSFORMATION DES DONNEES

Les données de calibres (nombre de queues de crevettes par livre anglaise) sont transformées en données de longueur de queue puisque les lois de croissance que nous utiliserons pour déterminer les structures par âge sont exprimées en longueur de queue. Cette transformation rend nécessaire la connaissance de la distribution de taille des queues pour les différents calibres. L'étude du sex-ratio en fonction de la longueur des individus, permet ensuite de séparer les mâles des femelles, ce qui est indispensable vue la grande disparité des croissances pour les deux sexes. Nous obtenons ainsi la structure par âge de la population mâle et femelle.

Distribution des tailles pour un calibre donné.

Quarante cinq (45) échantillons comprenant de 75 à 100 individus chacun ont été prélevés sur la calibreuse des pêcheries de Nosy-Bé de mars à mai 1974. La calibreuse étudiée fonctionne sur le même principe que les calibreuses embarquées à bord des navires de la FAMAKO et celles utilisées par la SONAPECHE. Des vérifications de calibres sont en outre fréquemment effectuées par le responsable des produits. La variance des longueurs de queue de chaque échantillon correspondant à un calibre donné a été calculée pour chacune des trois espèces *P. indicus*, *M. monoceros* et *P. semisulcatus*. Les variances sont assez variables d'un échantillon à l'autre :

$$6,37 < \sigma^2 < 26,71$$

La distribution de ces variances est donnée (Fig. 45a). La figure 45b nous montre la relation qui existe entre la variance (en échelle logarithmique) et le numéro du calibre. Aucune tendance nette n'apparaît, nous admettons donc par la suite que la variance ne dépend pas du calibre considéré. Les variances moyennes pour chacune des trois espèces sont les suivantes :

$$\begin{aligned} \sigma^2_{\omega} &= 13,53 & n &= 14 \text{ échantillons } (P. \textit{indicus}) \\ \sigma^2_M &= 16,99 & n &= 18 \text{ échantillons } (M. \textit{monoceros}) \\ \sigma^2_T &= 14,25 & n &= 13 \text{ échantillons } (P. \textit{semisulcatus}) \end{aligned}$$

Les variances moyennes pour les trois espèces ne sont pas significativement différentes pour une sécurité de 90%. Nous avons donc choisi d'utiliser la variance moyenne de tous les échantillons comme valeur moyenne de la variance de chaque calibre.

$$\bar{\sigma}^2_{\omega} + M T = 15,125$$

La distribution des valeurs autour de la longueur modale est calculée à partir de l'équation de la courbe normale.

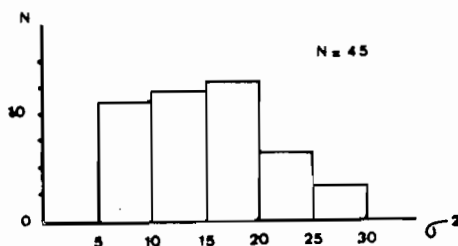


Fig.45a - Distribution des valeurs de la variance des tailles de crevettes de 45 échantillons correspondant à un calibre donné, pour une espèce donnée.

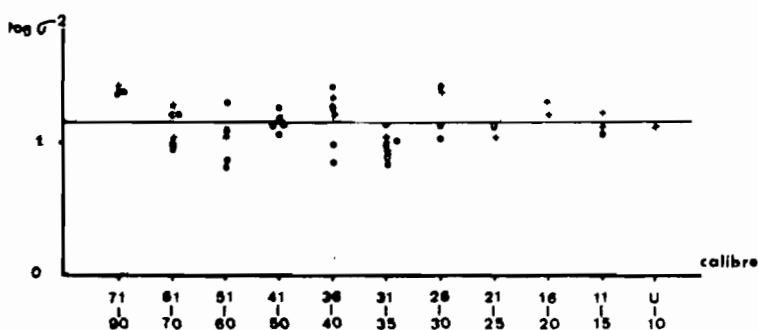


Fig.45b - Relation entre la variance des échantillons (en logarithmes) et le calibre correspondant.

Pour chaque calibre la valeur $\bar{\mu}$ centre de la distribution normale est calculée de sorte que le nombre de crevettes par livre et le poids correspondant obtenu avec la relation entre PQ (poids de queue) et LQ (longueur de queue), correspondent bien au calibre donné (Annexe V). Le nombre de crevettes correspondant à chaque calibre est calculé par classe de 1 mm de LQ (longueur de la queue) dans un intervalle de + 10 à - 10 mm autour de la moyenne (cet intervalle correspond à 99% de l'aire de la courbe normale). Pour obtenir le nombre total de crevettes pêchées pour un calibre donné, nous multiplions le nombre théorique de crevettes par livre et par classe de 1 mm de longueur de queue, par le nombre de livres pêchées. Le même calcul est effectué pour chaque calibre, et une sommation est effectuée par classe de 1 mm, pour obtenir finalement la structure globale de la population en fonction de LQ¹.

¹ Programme CALIB de J.MARCILLE (1975).

Séparation de la population par sexe.

L'obtention d'une structure par âge de la population pêchée, nécessite la connaissance du sex-ratio qui varie énormément en fonction de la taille. Les vitesses de croissance sont très différentes chez les mâles et les femelles; par conséquent si les grands calibres (71-up, 61-70) comprennent une très forte proportion de mâles, les petits calibres correspondants aux crevettes les plus grosses (21-25, 16-20) ne comprennent pratiquement plus que des femelles. Les valeurs du sex-ratio en fonction de la taille (LQ) ont été calculées pour *P. indicus* en regroupant toutes les mensurations effectuées en baie d'Ambaro à bord du "VAUBAN" en 1971 et 1972 (6211 individus mesurés) et sont présentées (Fig.46a). L'ensemble des mensurations effectuées en 1968 et 1969 par CHABANNE et PLANTE sont aussi utilisées (Fig.46b), car elles portent sur 38.425 individus prélevés sur l'ensemble des zones de la côte nord-ouest malgache. Des études similaires ont été faites sur *M. monoceros* et *P. semisulcatus* et sont présentées sur la figure 47.

Structure de la population par âge.

Connaissant la structure des captures dans son ensemble en fonction de la longueur de queue LQ, et les proportions de mâles et de femelles pour chaque valeur de LQ, nous obtenons les structures séparées des captures mâles et femelles.

Après avoir transformé les coefficients de la courbe de croissance de façon à obtenir celle-ci en fonction de LQ et non plus de LC, nous pourrions regrouper les calibres transformés en groupes d'âges successifs. La croissance étant très rapide, l'unité de temps utilisée sera le mois.

Nous savons que la croissance des femelles est beaucoup plus rapide que celle des mâles, nous ne calculons donc la mortalité que chez les individus femelles. En effet, la courbe de croissance chez les mâles atteint beaucoup plus vite sa limite, il est donc difficile de séparer les groupes d'âges les plus vieux. Par ailleurs une faible erreur de la valeur du sex-ratio correspondant au LQ des mâles de cinq mois et plus fera varier considérablement le nombre calculé des mâles de ces âges alors qu'elle n'a qu'une faible répercussion sur le nombre d'individus femelles d'âge 5 mois et plus, puisqu'à la taille LQ correspondante, les mâles sont en très petit nombre par rapport à celui des femelles. Ces considérations font que les coefficients apparents de mortalité calculés à partir des seules femelles, nous paraissent plus fiables.

Les paramètres de la courbe de croissance de Von Bertalanffy utilisés pour *P. indicus* sont :

Femelles : K = 0,344	LC _∞ = 42,41	W _∞ = 27,8	t ₀ = 1,235
Mâles .. : K = 0,373	LC _∞ = 29,88	W _∞ = 11,89	t ₀ = 0,081

1.3. CALCUL DES COEFFICIENTS DE MORTALITE

Généralités.

La mortalité est exprimée par l'équation différentielle

$$\frac{dN}{dt} = -ZN$$

qui, une fois intégrée, donne la relation exponentielle $N_t = N_0 e^{-Zt}$. N_0 est le nombre d'individus au temps $t = 0$; N_t est le nombre d'individus au temps t .

Deux causes de mortalité peuvent être considérées :

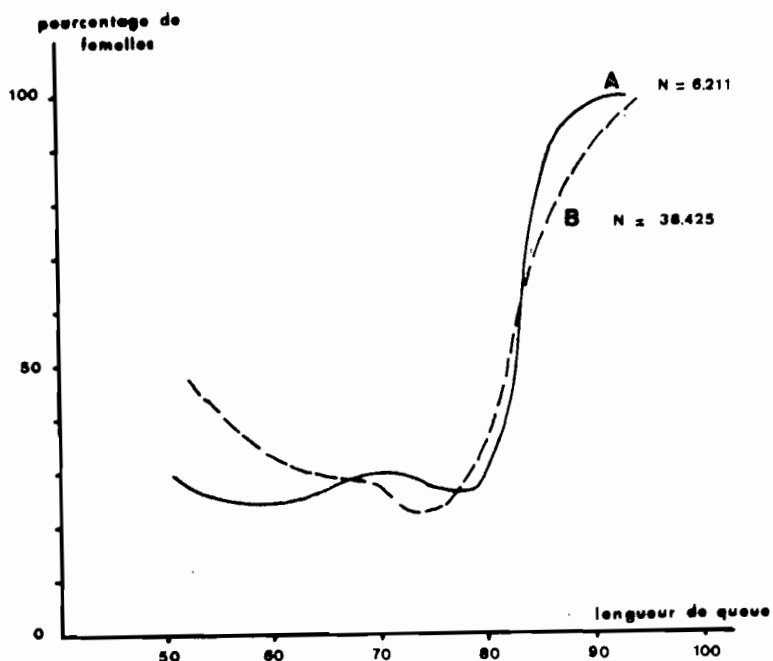


Fig.46 - Sex-ratio par taille pour *Penaeus indicus*.

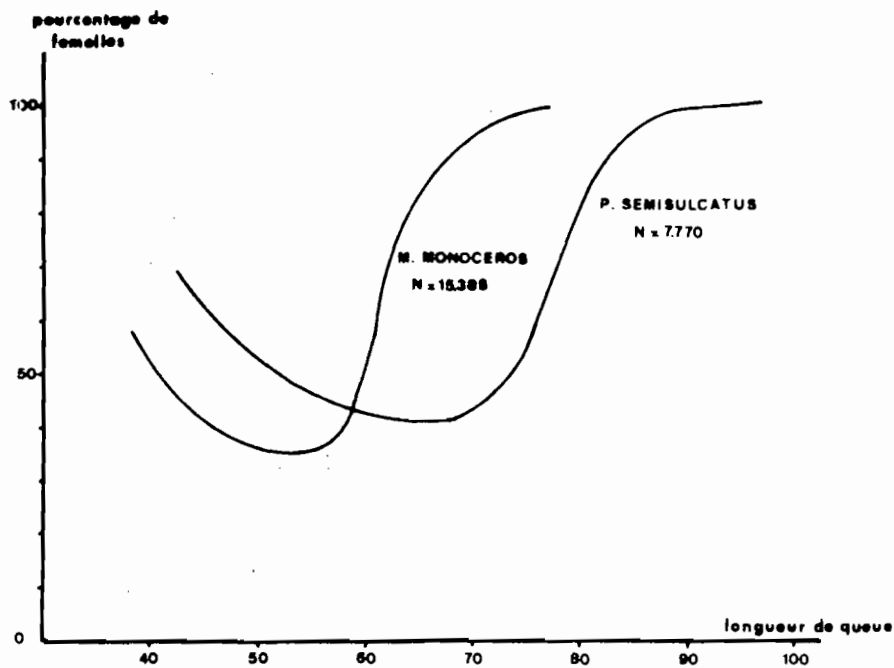


Fig.47 - Sex-ratio par taille pour *M.monoceros* et *P.semisulcatus*.

Dans tous les cas nous notons une augmentation du coefficient apparent de mortalité totale quand l'âge augmente.

L'examen du tableau nous montre que les mortalités totales les plus élevées sont rencontrées dans les zones 1 à 4 alors qu'elles sont nettement plus faibles dans les zones 5 et 6. Dans ces deux dernières zones les mortalités des individus de 5 à 7 mois sont beaucoup moins grandes que celles observées sur les individus de plus de 7 mois. Ceci peut s'expliquer par le fait qu'en 1971 et 1972 l'exploitation de ces zones s'est surtout effectuée au second semestre, à une période où le recrutement est plus tardif (si l'on admet pour ces zones le même schéma de recrutement que celui observé en baie d'Ambaro) ; d'autre part, les cohortes les plus abondantes ont alors de 6 à 9 mois. A partir de 1973 nous avons vu que l'exploitation s'est considérablement développée au cours du premier semestre où un nombre important de jeunes sont capturés, en conséquence la mortalité apparente moyenne annuelle des jeunes crevettes de 5, 6 et 7 mois s'est accrue de manière significative.

- c) - Mortalité moyenne de chaque cohorte, les stocks des zones 1 à 7 étant considérés comme une même unité (Analyse sur une même cohorte) :

Nous pouvons prendre comme indice d'abondance de la population, les prises de la flottille de la FAMAKO. La flottille n'ayant pratiquement pas varié au cours d'une même année, nous estimons que l'effort de pêche mensuel correspondant aux captures est homogène. Les captures sont celles effectuées sur l'ensemble des zones 1 à 7 considérées comme une unité de stock ; les calculs sont effectués pour les années 1970 à 1973. Soit K l'indice du mois

$$Z(i,K)(J,K+1) = \log N(i,K) - \log N(J,K+1)$$

$$Z(i,K)(J,K+1) = \sum_{K=1}^{11} \log N(i,K) - \log N(J,K+1) / K_{\text{Max}}$$

Nous pouvons comme précédemment calculer la valeur moyenne de Z pour les quatre années (1970 à 1973).

Les résultats obtenus sont :

	Cas A	Cas B
Z 5-6	0,553	0,448
Z 6-7	0,793	0,760
Z 7-8	0,870	0,865
Z 8-9	0,943	0,943

Conclusion

De ces diverses analyses il ressort que la mortalité totale apparente est comprise entre 0,5 et 0,9. Une augmentation de la mortalité totale avec l'âge est toujours observée.

- d) - Accroissement de la mortalité totale en fonction de l'âge :

L'examen des tableaux précédents nous permet d'avoir une estimation de l'accroissement de la mortalité totale en fonction de l'âge.

$$\text{Soit } I_i = Z(i, i+1) - Z(i-1, i)$$

La valeur estimée pour I_6 est comprise entre 0 et 0,04. La valeur moyenne de I_7 et I_8 est 0,084.

Si l'accroissement de la mortalité totale de *P.indicus* en fonction de l'âge paraît net au moins après six mois, il est cependant difficile de savoir quelle est la part respective de la mortalité par pêche et de la mortalité naturelle. Pour des âges i et $i+1$ donnés on peut en effet concevoir :

$$M_i < M_{i+1} \text{ et } F_i = F_{i+1} \text{ ou } M_i = M_{i+1} \text{ et } F_i < F_{i+1}$$

$$\text{ou encore } M_i < M_{i+1} \text{ et } F_i < F_{i+1}.$$

Toutes ces combinaisons sont possibles, l'une de ces trois hypothèses pouvant très bien s'appliquer à un âge i mais non à l'âge $i+1$.

La figure 48 nous donne pour *P.indicus*, le pourcentage de crevettes capturées en fonction de leur taille au moment du marquage (LE RESTE et MARCILLE, 1974). Pour les tailles supérieures à 28 mm de longueur céphalothoracique, les crevettes marquées étaient toutes des femelles ; nous observons entre 28 et 38 mm de LC une diminution du taux de recapture que nous estimons ne pouvoir être due ni à une baisse de la mortalité par pêche ni à une augmentation de la mortalité due à la marque. Ce serait donc bien la mortalité naturelle qui augmenterait avec l'âge.

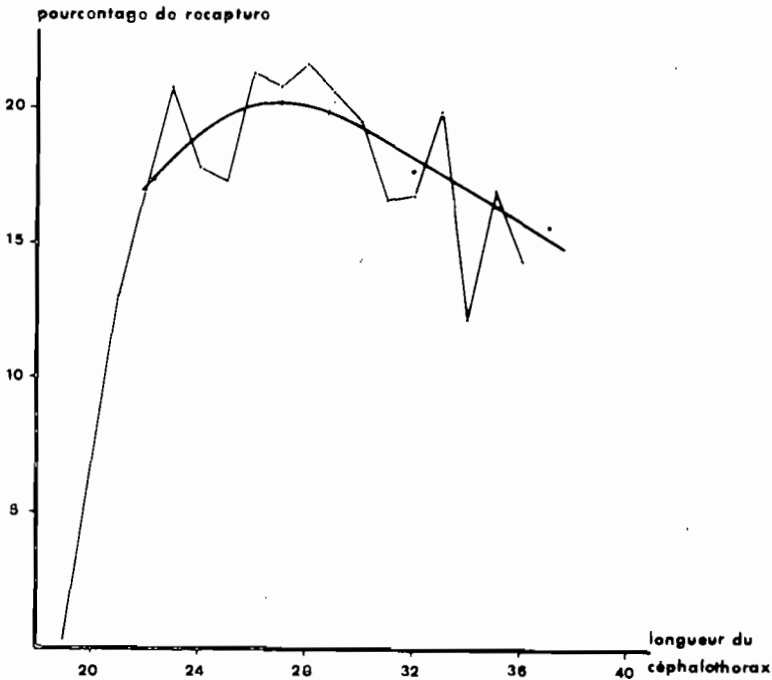


Fig.48 - Taux de recapture (en pourcentage) en fonction de la taille au moment du marquage.

Mortalité naturelle et mortalité par pêche de *Penaeus indicus*.

A partir des expériences de marquage (LE RESTE et MARCILLE, 1976), nous avons estimé F, coefficient instantané de mortalité par pêche, à environ 0,5 par mois, les valeurs de M se situant entre 0,15 et 0,25 par mois. Ces estimations donnent à Z une valeur légèrement plus faible que celles calculées à partir des données de calibre. Il est possible cependant que la valeur réelle de F soit sous-estimée par les marquages soit du fait d'une mortalité due à la marque non négligeable au moment du largage, soit du fait d'une récupération incomplète des crevettes marquées réellement recapturées par les pêcheurs.

Mortalité par pêche pour chaque classe d'âge.

La mortalité naturelle étant estimée nous pouvons calculer la mortalité par pêche sur chaque classe d'âge en effectuant une analyse de cohorte. Les cohortes ont été analysées en employant le programme Cohorte de FOX et en utilisant la solution inverse (Annexe IV).

a) - Mortalité naturelle constante avec l'âge :

Les cohortes sont des cohortes moyennes annuelles recrutées à 3 mois. Un premier calcul a été fait avec différentes valeurs de M et pour différents niveaux d'exploitation. Nous avons retenu pour M les valeurs extrêmes supposées 0,15 et 0,25. Les vecteurs de F ainsi obtenus sont donnés sur les figures 49 et 50 pour la zone 1 et les années 1972 et 1973. Nous observons une convergence des valeurs de la mortalité due à la pêche en fonction de l'âge (F_i) pour les crevettes de 5,4 et 3 mois.

Ces résultats permettent d'éliminer certaines valeurs de F_i pour les jeunes crevettes comme impossibles et donc de donner une borne supérieure au vecteur de mortalité. Pour la zone 1, les mortalités par pêche se situeraient donc entre 0,4 et 0,6 pour les cohortes de 1972 et entre 0,6 et 0,8 pour les cohortes de l'année 1973.

b) - Mortalité naturelle croissante avec l'âge :

Les vecteurs de F pour la zone 1 (années 1972 et 1973) sont donnés sur la figure 51. Ils convergent également et nous permettent d'estimer que la mortalité par pêche des individus de 5 à 6 mois se situe entre 0,5 et 0,6 ; la mortalité des individus de 4 mois étant de 0,30 en 1972 et 0,40 en 1973.

Les vecteurs de mortalité pour l'ensemble de la pêcherie sont donnés figure 52 pour les années 1970 et 1973 et montrent une convergence dès l'âge de 7 mois. La mortalité par pêche croît de 3 à 6 mois et se stabilise au niveau de 0,6 à partir de cet âge.

2 - Biomasse d'une cohorte

On appelle communément "Cohorte" un groupe d'individus nés au même moment, et que l'on suit au cours de son existence. Il est utile lorsque l'on discute de l'aménagement d'une population exploitée de connaître le moment précis où, en l'absence de pêche, cette population atteint sa biomasse maximale. Même si la population est en fait composée de plusieurs cohortes provenant de pontes successives plus ou moins étalées dans le temps (phénomène très général en zone tropicale), il est utile d'examiner au préalable l'évolution d'une cohorte unique artificiellement isolée dans le temps et l'espace.

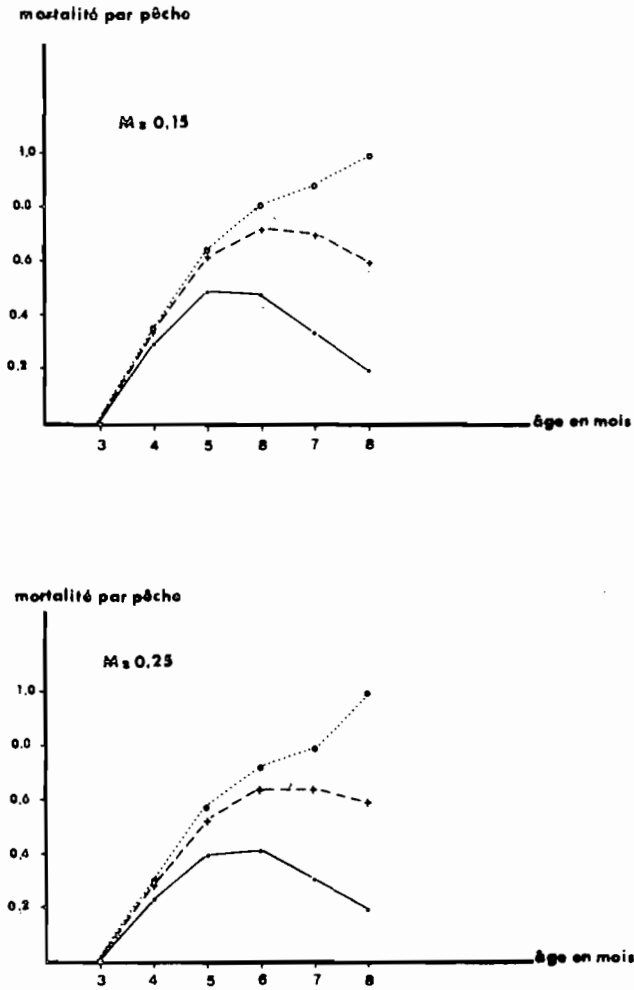


Fig.49 - *P. indicus* - Vecteurs de mortalité par pêche (F_i) pour $M = 0,15$ et $M = 0,25$ dans la zone 1 - Cohortes moyennes 1972.

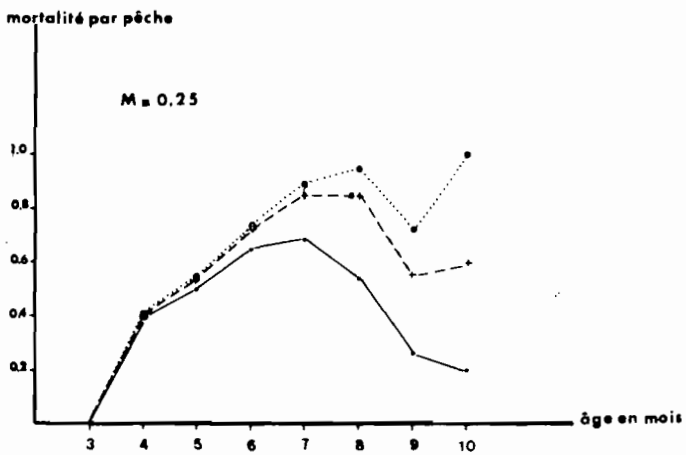
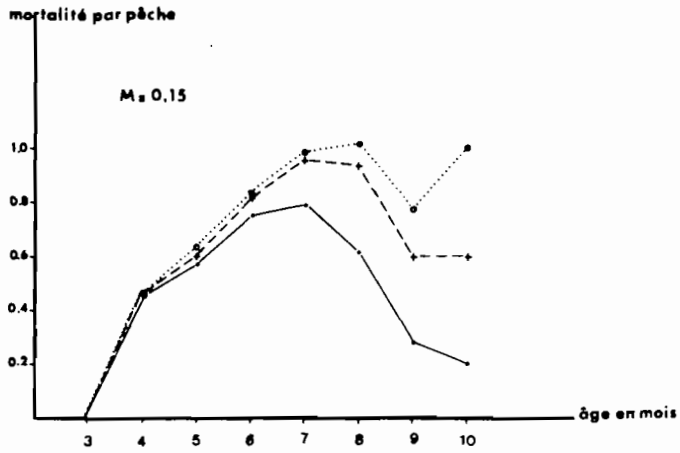


Fig.50 - *P. indicus* - Vecteurs de mortalité par pêche (F_i) pour $M = 0,15$ et $M = 0,25$ dans la zone 1 - Cohortes moyennes 1973.

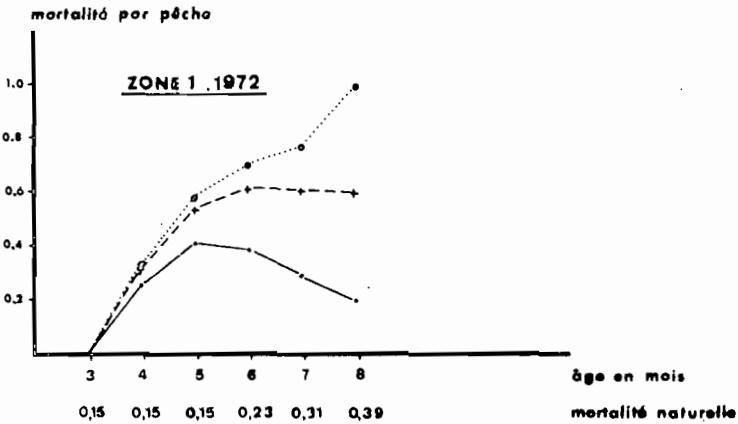
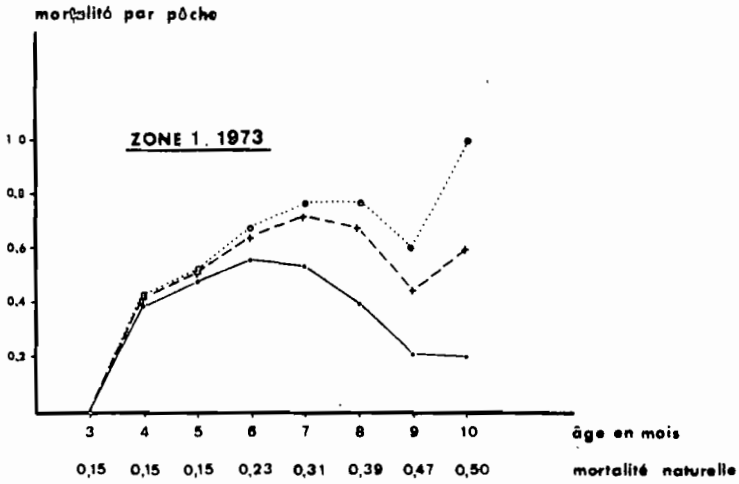


Fig.51 - *P. indicus* - Vecteurs de mortalité par pêche (Fi) pour M variable avec l'âge dans la zone 1 - Cohortes moyennes 1972-1973.

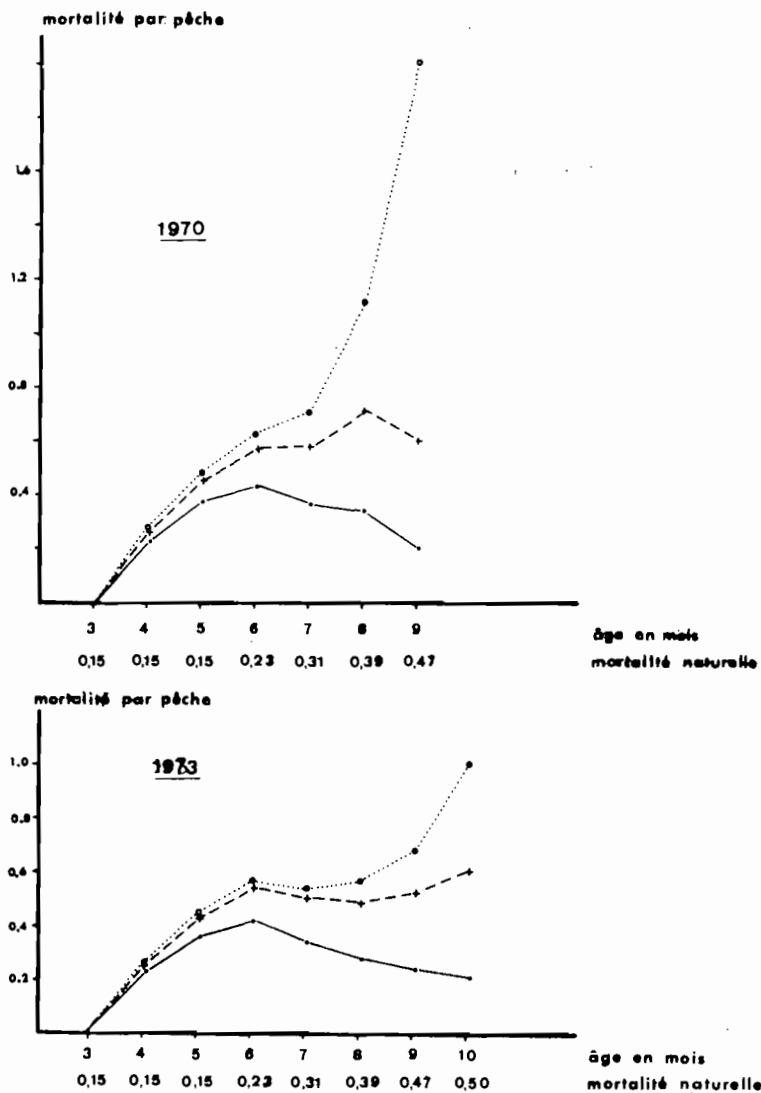


Fig.52 - *P. indicus* - Vecteurs de mortalité par pêche pour M variable avec l'âge, toutes zones comprises. Cohortes moyennes 1970-1973.

La biomasse d'une population à un instant t est proportionnelle au nombre d'individus vivants et au poids de ces individus à l'instant t . Ceci peut s'écrire $B_t = N_t W_t$. Nous connaissons en outre la relation : $N_t = N_{0e} - Mt$ donnant le nombre d'individus au temps t , et la loi de croissance pondérale de ces individus :

$$W_t = W_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})^3$$

La biomasse peut s'exprimer par

$$B_t = N_{0e}^{-Mt} W_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})^3 \quad (1)$$

Dans le cas des crevettes pour lesquelles les lois de croissance pondérale sont différentes pour les mâles et les femelles, la biomasse totale à chaque instant t sera trouvée en additionnant la biomasse de la population mâle et la biomasse de la population femelle :

$$B_t \text{ (TOTALE)} = B_t \text{ (mâles)} + B_t \text{ (femelles)}$$

Dans le cas le plus simple où la mortalité naturelle est constante pour tous les âges et pour les deux sexes, nous donnons figure 53 un indice de la biomasse d'une cohorte de *P. indicus* comprenant un nombre initial identique de mâles et de femelles. Cette biomasse a été calculée pour des valeurs de M allant de 0,1 à 0,4. Nous voyons que plus la mortalité naturelle est faible, plus la biomasse maximale est obtenue tardivement. Pour une mortalité naturelle voisine de 0,20/mois, la biomasse maximale est atteinte au bout de 6 mois ($t=6$), soit peu de temps après leur recrutement dans la pêcherie. La population mâle atteint sa biomasse maximale environ un mois avant la population femelle ; en effet jusqu'à trois mois les vitesses de croissance sont identiques pour les deux sexes, puis elles se différencient de plus en plus. La biomasse qui nous intéresse est évidemment la biomasse globale (mâles + femelles). Elle est obtenue au bout d'un temps intermédiaire entre celui correspondant à la biomasse maximale des femelles et celui correspondant à la biomasse maximale des mâles. Pour un sex-ratio initial de 50% et une mortalité naturelle identique pour les deux sexes, cette biomasse est donnée sur la figure 53. Il est probable que dans la réalité les choses ne sont pas aussi simples. En effet nous avons montré des indices qui permettent d'estimer qu'au moins à partir de six mois la mortalité naturelle augmente avec l'âge ; la biomasse de chaque population mâle et femelle tendrait donc à diminuer plus vite qu'il ne paraît dans la figure 53 et l'âge correspondant à la biomasse maximale des mâles et femelles combinés serait légèrement inférieur à celui ainsi calculé.

3 - Rendements par recrue

Les estimations ont été faites à partir du modèle de Beverton et Holt. Pour l'espèce *P. indicus* les paramètres de croissance utilisés sont ceux donnés par LE RESTE et MARCILLE (1976).

3.1. EN FONCTION DE L'ÂGE A LA PREMIERE CAPTURE

- Application de l'équation de Beverton et Holt à *P. indicus*.

Pour utiliser le modèle nous admettons que l'âge à la première capture est identique pour les mâles et les femelles, que la mortalité naturelle est la même pour les deux sexes ainsi que la vulnérabilité à l'engin de pêche.

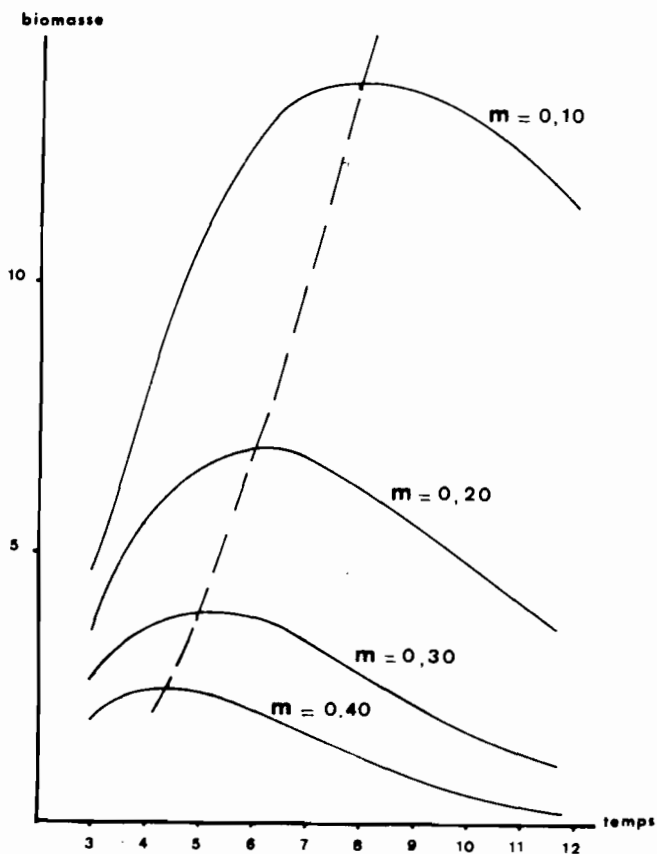


Fig.53 - Evolution de la biomasse d'une cohorte de *P. indicus* pour différentes valeurs de la mortalité naturelle.

Dans ce cas et si le sex-ratio est 1 nous pouvons calculer un rendement moyen par recrue :

$$YT = Y_1 + Y_2$$

avec Y_1 rendement par recrue mâle
 Y_2 rendement par recrue femelle.

- Résultats.

La figure 54 représente les rendements par recrue pour les mâles et les femelles pris séparément et un M constant = 0,20. Pour une recrue au temps $tr = 1$, le rendement maximum pour les femelles, 7 g/recrue, est obtenu pour tr légèrement supérieur à 5.

Pour les mâles le rendement 4 g/recrue est obtenu pour $tr = 4$. Pour les deux cas ce rendement n'augmente que très peu pour des mortalités par pêche supérieur à 0,5. Etant donné l'incertitude quant à la valeur réelle de M , nous examinerons ce qui se passe pour les valeurs extrêmes estimées soit $M = 0,15$ et $M = 0,25$.

Dans le premier cas, $M = 0,15$ (Fig.54), le rendement moyen maximum (mâle + femelle), 14 g pour deux recrues de un mois, est atteint pour un F de 0,8/mois et un âge au recrutement compris entre 5 et 6 mois. Le recrutement de *P.indicus* se situe à environ 4 mois, la mortalité par pêche est d'environ 0,5 ; il apparaît donc que pour un tel âge au recrutement, aucune augmentation de rendement ne peut être attendue d'une simple augmentation de F au-delà de 0,3 environ. Même si l'âge à la première capture pouvait être augmenté conjointement à l'effort de pêche, un gain d'environ 5% serait au mieux obtenu (en supposant bien sûr que l'augmentation de F n'influe pas sur le recrutement).

Pour $M = 0,25$ (Fig.55), le rendement maximum par recrue est obtenu pour $tr = 4,5$ c'est-à-dire pour l'âge au recrutement effectivement observé dans la pêcherie. Aucun gain appréciable de rendement ne peut être attendu d'une augmentation de F au-delà de la valeur 0,5. Nous voyons donc que pour *P.indicus* l'âge du recrutement naturel c'est-à-dire celui qui correspond à l'arrivée des crevettes dans la zone chalutable, correspond à l'âge pour lequel le rendement par recrue de l'ensemble de la population (mâles + femelles) est maximum. Le fait que les crevettes les plus jeunes restent dans la zone intertidale apparaît donc comme une protection suffisante.

Le problème se complique en fait puisque l'âge au recrutement n'est pas rigoureusement le même tout au long de l'année. Si sur l'ensemble de l'année l'âge au recrutement se fait bien en moyenne à 4 ou 5 mois, les cohortes exploitées en début de saison des pluies peuvent arriver dans la zone de chalutage à 3 mois et ceci a été bien montré en baie d'Ambaro (LE RESTE, 1973). Il semble alors que l'on puisse avoir intérêt à protéger ces premières cohortes pendant un temps assez court jusqu'au moment où les individus atteignent 4 ou 5 mois.

3.2. EN FONCTION DE LA TAILLE DE RECRUTEMENT

Lorsque pour aménager une pêcherie démersale on veut déterminer un maillage optimum des chaluts, le rendement par recrue optimal doit être recherché non plus en fonction de l'âge à la première capture mais en fonction de la taille à la première capture tc . Il suffit pour cela de calculer tc en fonction de IC et d'insérer la relation trouvée dans l'équation de Beverton et Holt (BEVERTON et HOLT, 1957).

Comme dans le cas précédent, les rendements par recrue sont calculés séparément pour les mâles et pour les femelles puis pour l'ensemble (mâle + femelle),

$$\text{soit : } Y_T = Y_1 + Y_2$$

Résultats.

Les isoplètes de rendement sont donnés sur la figure 56 pour $M = 0,15$ et $M = 0,25$. Dans le premier cas, $M = 0,15$, le rendement optimal est obtenu pour $LQ = 7,5\text{cm}$; quant à $M = 0,25$ il est obtenu pour $LQ = 6,5\text{cm}$. En conclusion nous pouvons dire que pour une exploitation optimale de l'espèce, aucune crevette de $LQ < 7\text{cm}$ ne devrait être capturée.

Nous avons vu que d'une façon générale l'âge de migration de *P.indicus* vers la zone chalutable est suffisamment tardif pour constituer une protection naturelle du stock. Cependant depuis 1974 s'est développée, en baie d'Ambaro, une pêche semi-industrielle utilisant des "catcheurs" capables de chaluter dans la zone intertidale et qui peuvent donc capturer des crevettes de plus petite taille. Si ce type de bateau devait beaucoup s'accroître il pourrait être nécessaire d'augmenter la maille minimale de leur chalut. Des études de sélectivité de chalut seraient alors indispensables pour préciser le maillage qu'il conviendrait d'adopter.

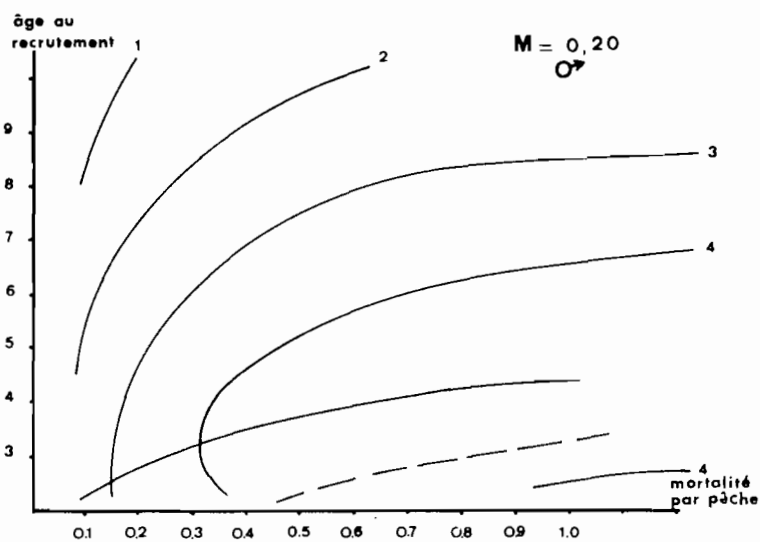
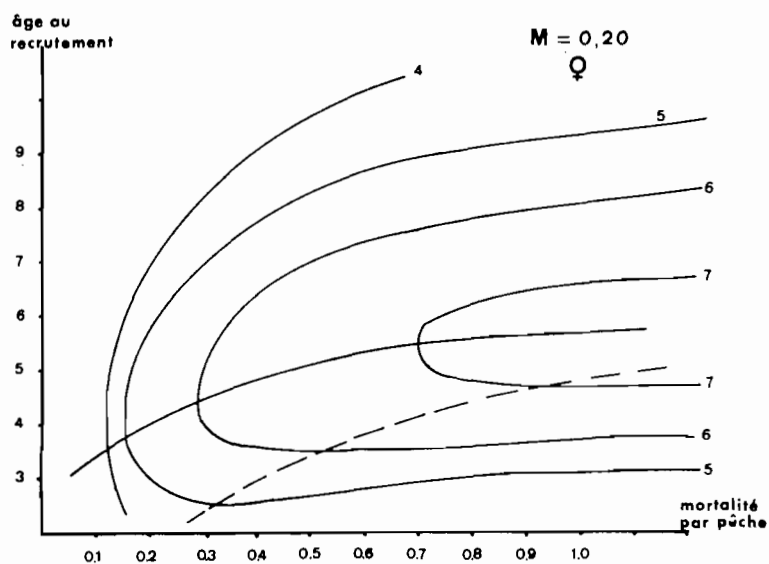


Fig.54 - Courbes de rendement par recrue de un mois, femelle et mâle, en fonction de l'âge au recrutement et de la mortalité par pêche pour $M = 0,20$.

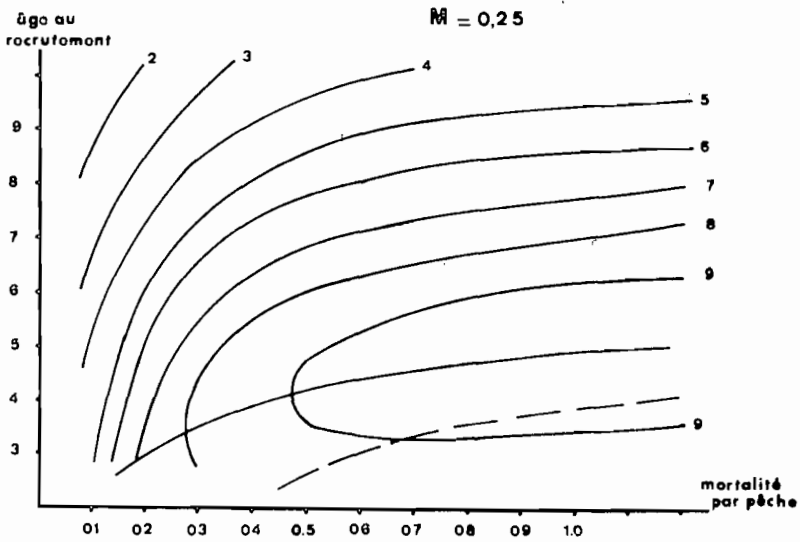
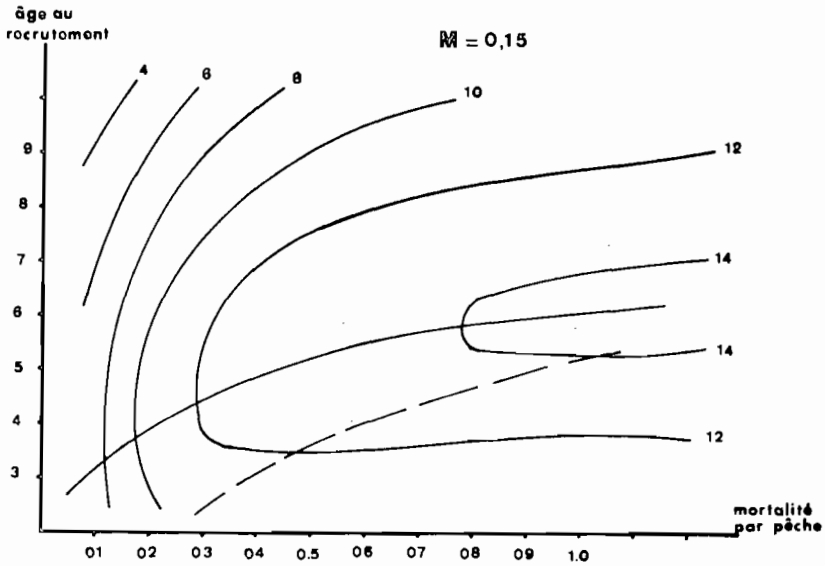


Fig.55 - Courbes de rendement pour deux recrues de un mois (un mâle et une femelle) en fonction de l'âge au recrutement et de la mortalité par pêche pour $M = 0,15$ et $M = 0,25$.

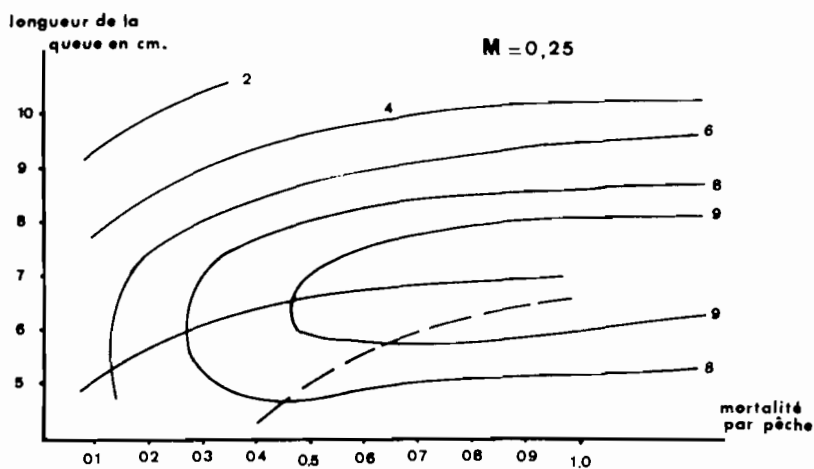
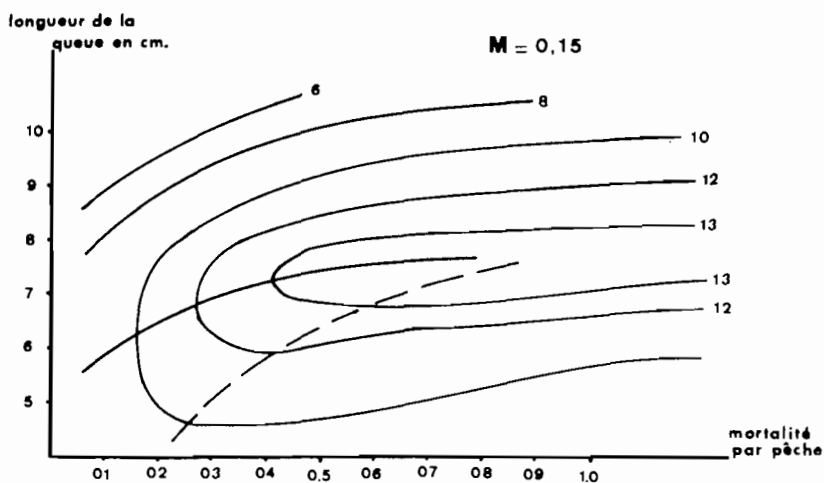


Fig.56 - Courbes de rendement pour deux recrues de un mois (un mâle et une femelle) en fonction de la taille de recrutement et de la mortalité par pêche pour $M = 0,15$ et $M = 0,25$.

Rappelons enfin qu'une pêche active, au moyen de barrages côtiers, a lieu dans la zone intertidale. Une réglementation de l'écartement des baguettes qui constituent les lattis pourrait être envisagée afin d'empêcher les captures massives d'individus de moins de 10cm de longueur totale.

4 - Influence de la pêche artisanale sur la pêche industrielle

4.1. GENERALITES

Lorsque deux types de pêcheries exploitent des classes d'âge différentes d'une même population toute modification de l'effort de pêche (accroissement ou diminution) dans l'une des pêcheries risque d'avoir des effets à plus ou moins long terme sur les rendements obtenus par l'autre pêcherie. Ce phénomène a été mis en évidence depuis fort longtemps par BEVERTON et HOLT et GUILLAUD. Un exemple d'application nous est donné par HAYASI et al. (1972), sur les populations de thon jaune de l'Atlantique. Dans ce cas précis l'augmentation de la pêche de surface sur les individus les plus jeunes, a entraîné une diminution très sensible des rendements de la pêche palançrière qui exploite les individus plus âgés. Dans le cas de la pêche crevettière à Madagascar et tout particulièrement dans la baie d'Ambaro le même phénomène a lieu, puisqu'il existe une pêche artisanale capturant par des barrages côtiers ou des sennes de plage les crevettes les plus jeunes (LE RESTE, 1971) et une pêche industrielle procédant, plus au large, au chalutage des individus plus âgés de la même population. Nous examinerons l'interaction possible de ces deux types d'exploitation en utilisant les équations de Beverton et Holt.

4.2. APPLICATION DU MODELE A *P. indicus*

Le modèle utilisé est présenté en annexe VI. La grande différence des vitesses de croissance pour les *P. indicus* mâles et femelles nous amène à calculer les rendements pour chaque sexe dans chacune des deux pêcheries.

Nous admettons (LE RESTE, 1973b) en outre que le recrutement de chaque sexe dépend de l'âge et non de la taille. Nous évaluons donc :

$$Y_{1M} \text{ (mâles) et } Y_{1F} \text{ (femelles) puis}$$

$$Y_{2M} \text{ (mâles) et } Y_{2F} \text{ (femelles)}$$

$$Y_{1T} \text{ (TOTAL) = } Y_{1M} + Y_{1F} ; Y_{2T} \text{ (TOTAL) = } Y_{2M} + Y_{2F} ; Y_{1+2} = Y_{1T} + Y_{2T}$$

. Ages au recrutement utilisés

- Pêche artisanale.

L'âge du recrutement dans la pêche artisanale a été déduit des distributions de taille observées par LE RESTE (1971) au cours d'une année d'échantillonnage dans la zone intertidale. La distribution lissée des tailles de crevettes capturées par les "Valakiras" et par les filets est donnée figure 57;

l'âge moyen au recrutement déduit correspond à $tc_1 = 1,8$. Même si parfois d'assez grosses crevettes sont capturées, nous estimons que peu d'individus de plus de 2 mois sont pêchés ; soit $tL_1 = 3,0$.

- Pêcherie industrielle.

En baie d'Ambaro un très grand nombre d'individus de la classe d'âge 4+ est capturé, même si le recrutement n'est total que pour les individus de classe 5+ ; nous choisissons donc $tc_2 = 4$.

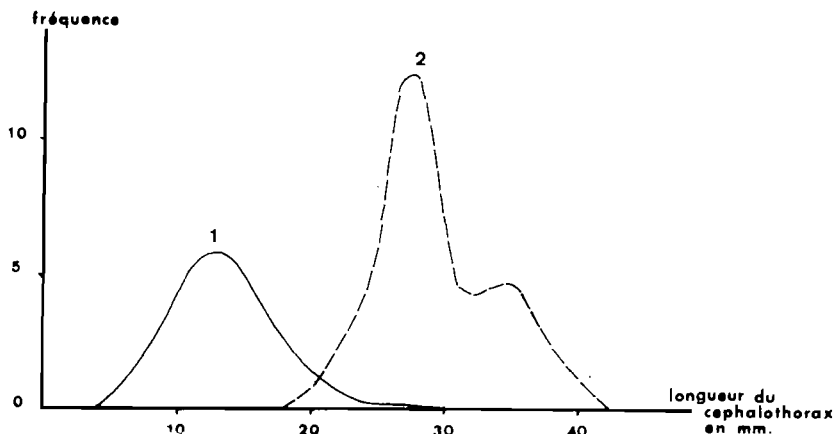


Fig.57 - Distribution des tailles des crevettes capturées par les barrages côtiers (1) et par les chalutiers (2) - (LE RESTE, 1972).

- Paramètres de la courbe de croissance utilisés.

Les paramètres de la courbe de croissance de *P.indicus* ont été évalués, rappelons-le, à partir de crevettes pêchées et marquées dans la zone chalutable. Ces paramètres sont donc considérés comme valables dans l'intervalle de temps tc_2 à tL_2 . Les mêmes paramètres utilisés dans l'intervalle tc_1-tL_1 donneraient des estimations de W_t très différentes pour les mâles et les femelles, ce qui est contraire aux observations de LE RESTE qui considère que jusqu'à environ 3 mois les vitesses de croissance des mâles et des femelles sont identiques. Nous avons donc considéré dans l'intervalle tc_1-tL_1 une croissance linéaire. La biomasse moyenne entre tc_1 et tL_1 est estimée en multipliant le nombre moyen d'individus dans cet intervalle par un poids moyen unique.

4.3. RESULTATS

Des simulations ont été faites pour trois valeurs de M constantes :

$$M = 0,15 \quad , \quad M = 0,20 \quad , \quad M = 0,25$$

La figure 58 nous montre l'évolution de la biomasse pêchée par la pêcherie industrielle (Y_2) et artisanale (Y_1) pour une mortalité par pêche constante de la pêcherie industrielle ($F_2 = 0,50$) et une mortalité par pêche croissante (F_1) de la pêcherie artisanale ; une augmentation de F_1 entraîne certes une augmentation des prises artisanales, mais elle diminue plus vite encore les prises industrielles.

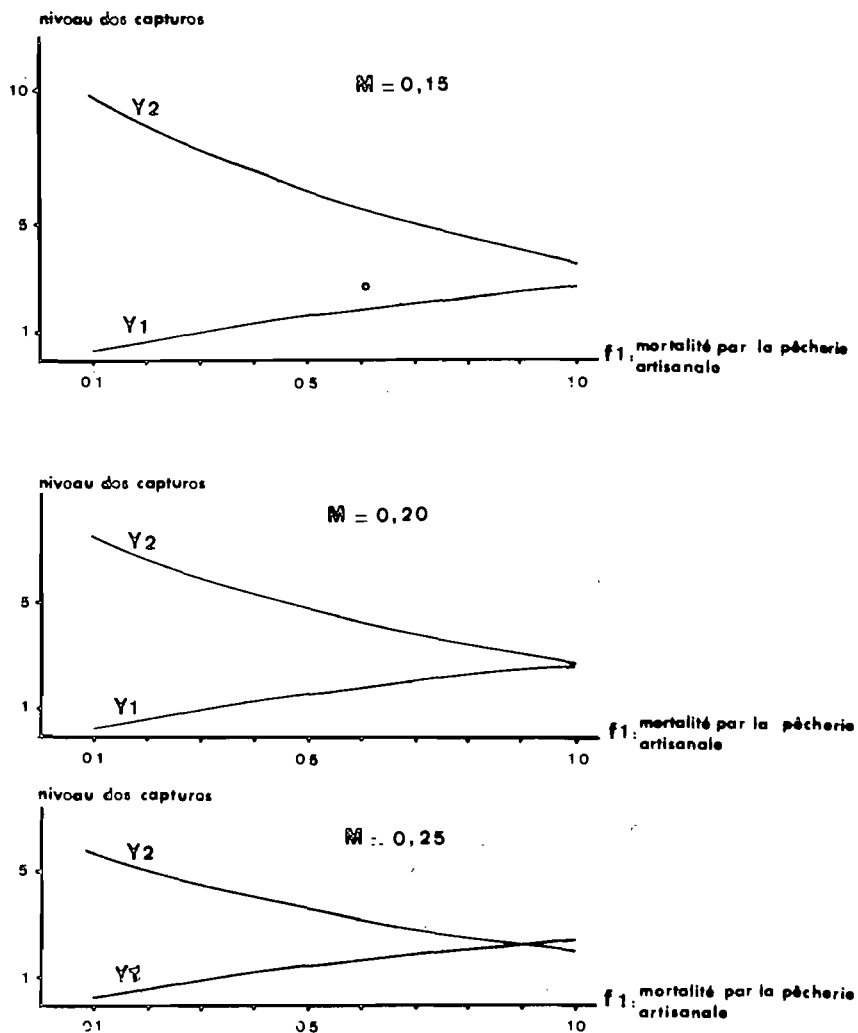


Fig.58 - Effet d'une augmentation de la mortalité par pêche de la pêche artisanale sur le niveau des prises obtenu par celle-ci, et sur celui obtenu par la pêche industrielle. (La mortalité par pêche industrielle est constante : $f_2 = 0,50$; les calculs sont effectués pour $M = 0,15$; $M = 0,20$; $M = 0,25$).

L'effet des actions combinées de F_1 et F_2 sur les prises est présenté sur les figures 59 et 60. La figure 59 montre comment les paramètres F_1 et F_2 influent sur les captures des mâles et des femelles pris séparément lorsque $M = 0,2$; la perte de rendement quand F_1 augmente est plus forte pour les femelles que pour les mâles. La figure 60 donne des indices de rendements globaux (mâles + femelles) en fonction de F_1 et F_2 pour les mortalités naturelles extrêmes que nous avons estimées $M = 0,15$ et $M = 0,25$. Lorsque F_1 augmente, le rendement total diminue d'autant plus que l'estimation de M est plus faible.

. Estimation de la mortalité par pêche
des barrages côtiers en baie d'Ambaro

Afin de savoir quel effet on pourrait attendre d'une réglementation de la pêche des barrages côtiers et sennes de plage, il est nécessaire d'estimer auparavant le niveau actuel de la mortalité par pêche de la pêcherie artisanale. La mortalité par la pêche industrielle en baie d'Ambaro est comprise entre 0,5 et 0,8 ; nous savons en outre que le rapport $\frac{Y_1}{Y_2}$ est d'environ 0,25 (250 tonnes de *P.indicus* sont capturées par les "Valakiras" et les sennes de plage et 1.000 tonnes par la pêcherie industrielle). Si nous adoptons cette valeur, nous pouvons à partir de la figure 58 estimer F_1 à 0,50, 0,40 ou 0,35 suivant que nous prenons pour M les valeurs 0,15, 0,20 ou 0,25.

- Effets à attendre d'une interdiction ou d'une règlement
de la pêcherie artisanale.

En rapportant les valeurs obtenues pour F_1 sur les courbes de la figure 60, nous pouvons estimer le gain que l'on est en droit d'espérer si l'on diminue l'effort de la pêcherie artisanale. Le gain exprimé en pourcentage du poids total¹ initialement obtenu, est présenté sur la figure 61 pour les valeurs de F_1 passant de 0,5 à 0,1, de 0,4 à 0,1 ou de 0,35 à 0,1 suivant que nous prenons pour M les valeurs 0,15, 0,20 ou 0,25. La baisse de F_1 ramenée à 0,1 aurait pour effet d'augmenter les prises totales de 8, 16 ou 30% suivant la valeur de M choisie (courbes W_1 , W_2 , W_3).

Nous savons en outre que pour un même poids de crevettes, plus celles-ci sont grosses plus leur valeur marchande est élevée. Le rapport

$$\frac{\text{Prix d'1 kilo de crevettes de "Valakira"}}{\text{Prix d'1 kilo de crevettes prises au chalut}}$$

est d'environ 0,5. Le gain en valeur marchande (et non plus en poids) est alors compris entre 15 et 45% (courbes V_1 , V_2 , V_3).

¹ C'est le poids $Y_1 + Y_2$ obtenu par l'ensemble des deux pêcheries.

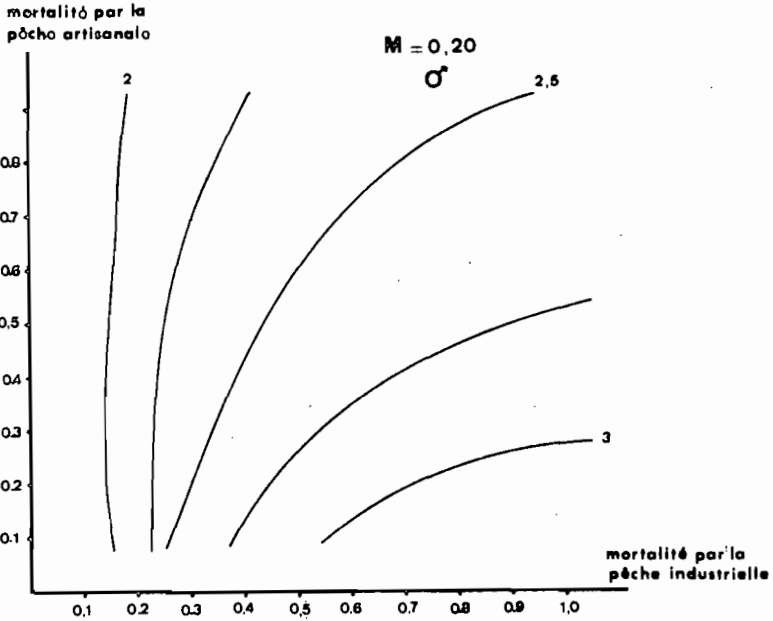
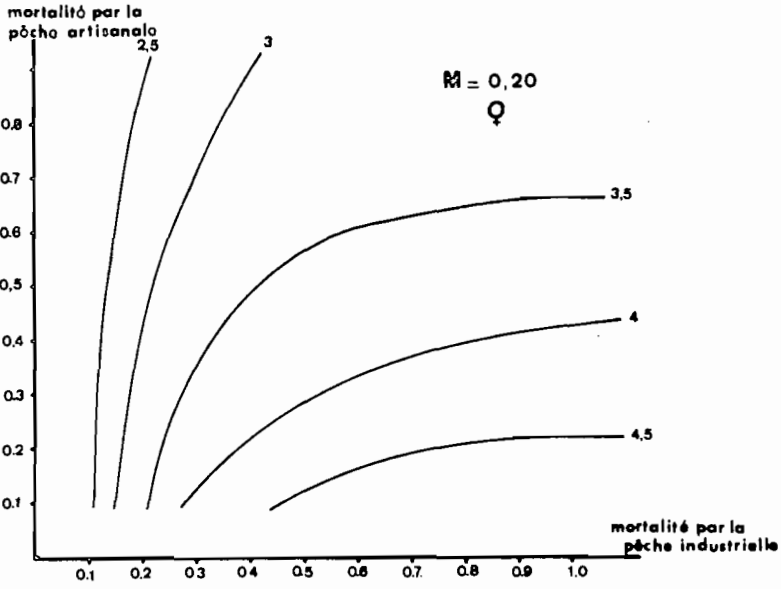


Fig.59 - Influence de la pêche artisanale sur la pêche industrielle. Courbes de rendement par recrue femelle et mâle pour $M = 0,20$.

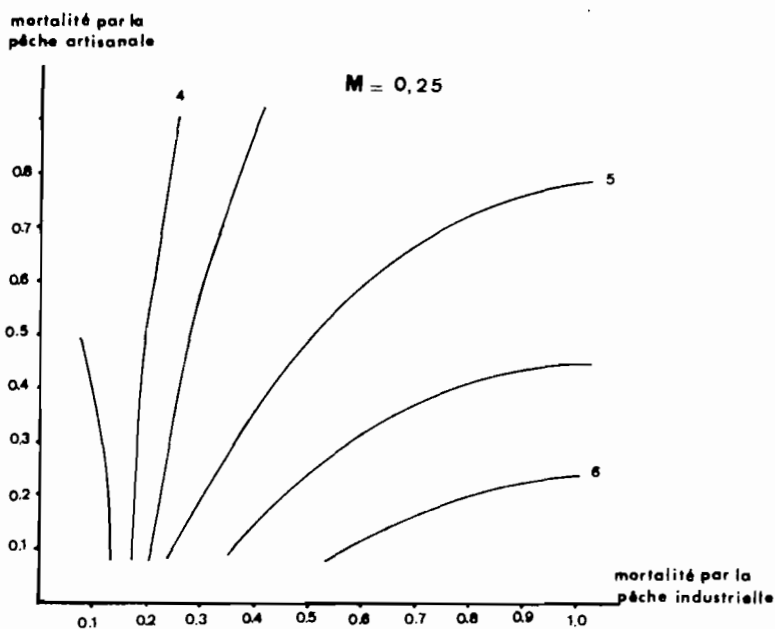
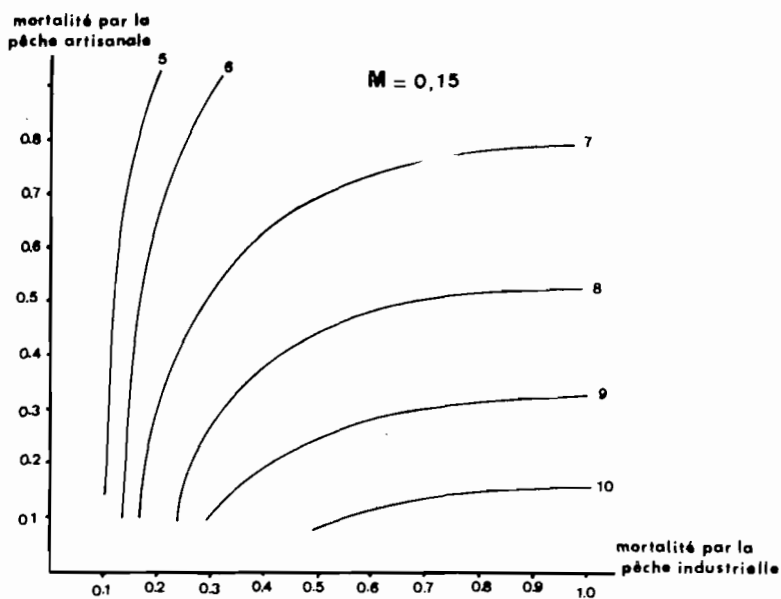


Fig.60 - Influence de la pêcherie artisanale sur la pêcherie industrielle. Courbes de rendement pour deux recrues (une femelle et un mâle) pour $M = 0,15$ et $M = 0,25$.

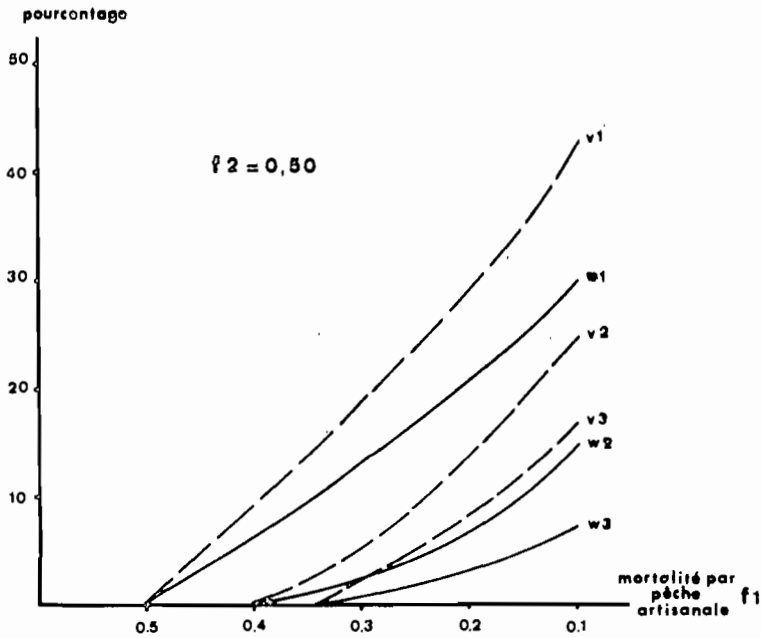


Fig.61 - Prédiction des gains (en pourcentage) en poids (w) et en valeur (v) quand la mortalité par pêche artisanale est ramenée à 0,1. Le calcul est effectué pour $M = 0,15$ (1)
 $M = 0,20$ (2)
 $M = 0,25$ (3)

5 - Modèle de production intégrant les variations mensuelles du recrutement

5.1. MODELE UTILISE

Le rendement en poids dans un intervalle $t_c - t_L$ est donné par l'équation

$$Y = \int_{t_c}^{t_L} F_t N_t \omega_t dt$$

RICKER (1958) a donné une solution approchée de cette intégrale en divisant l'intervalle total du temps en un certain nombre d'intervalles plus petits à l'intérieur desquels on peut supposer que les différents paramètres demeurent constants. Le poids capturé par la pêcherie pendant l'intervalle $\Delta t_i = t_i - t_{i-1}$ est $\Delta y_i = F_i N_i \omega_i \Delta t_i$ où

$$\bar{F} = \frac{F_{ti-1} + F_{ti}}{2}, \quad \bar{N}_i = \frac{N_{ti-1} + N_{ti}}{2}, \quad \bar{W}_i = \frac{W_{ti-1} + W_{ti}}{2}$$

La production de la cohorte est obtenue en additionnant les productions correspondant aux n intervalles.

$$Y = \sum_{i=1}^{i=n} \Delta Y_i$$

Ce modèle présente donc l'avantage de pouvoir faire varier F_t et M_t en fonction de l'âge de la crevette. On peut en outre, en faisant $F_t = 0$ pendant un intervalle de temps déterminé, simuler des fermetures de la pêche et examiner par l'intermédiaire du modèle l'effet que l'on peut en attendre.

Ce modèle est facilement applicable dans le cas où, supposant un recrutement annuel ou mensuel constant, on admet que l'analyse des différentes groupes d'âge à un instant donné revient au même que l'analyse d'une cohorte. Dans le cas de *P. indicus* le problème se complique singulièrement car le recrutement est essentiellement variable d'un mois à l'autre, en outre l'âge au recrutement peut varier avec la saison.

En première approximation, nous supposons cependant que l'âge de première capture dans la pêcherie industrielle est constant au cours de l'année. Il nous faut donc transformer le modèle de façon à ce qu'il prenne en compte un recrutement variable en fonction de la saison ; nous choisirons ici le cas d'un recrutement mensuel variable. Soit :

- L indice des mois, variant de 1 à 12
- i indice des cohortes, variant de 1 à 12
- J indice des âges variant de K à KMax (âge à la première capture et âge maximum)
- MJ mortalité naturelle en fonction de l'âge des crevettes
- FL mortalité par pêche pouvant varier d'un mois à l'autre
- WJ poids moyen à un âge J

Pour une cohorte i la production est donnée par

$$Y_i = \sum_{J=K}^{J=KMax} N_{(i,K)} \cdot F_{(i+J-K)} \cdot W_{(J)} \times \Delta_t$$

Nous utilisons des intervalles de temps de 1 mois soit : $\Delta_t = 1$. Pour les 12 cohortes, nous aurons :

$$Y_T = \sum_{i=1}^{12} \sum_{J=K}^{KMax} N_{(i,K)} \cdot F_{(i+J-K)} \cdot W_{(J)}$$

avec $F_{(i)} = F_{(i+12)}$. Dans le cas de *P. indicus* nous devons, rappelons-le, considérer séparément les populations mâles et femelles. Le rendement total de la population sera donc :

$$Y_T \text{ (mâles + femelles)} = Y_T \text{ (mâles)} + Y_T \text{ (femelles)}$$

5.2. EVALUATION DU RECRUTEMENT MENSUEL

Le recrutement mensuel ou plutôt une évaluation de son importance relative peut être déterminé à partir des prises en nombre d'individus les plus jeunes capturés par unité d'effort de pêche. Si nous prenons comme unité le mois de travail d'un chalutier type FAMAHO, nous évaluons pour chaque mois l'abondance relative des individus les plus jeunes pour les âges 3, 4 et 5 mois.

Soit J l'indice des mois
 PiJ le pourcentage d'individus d'âge i pêché le mois J
 NiJ le nombre d'individus d'âge i pêché le mois J par unité d'effort

$$PiJ = \frac{NiJ}{\sum_{J=1}^{12} NiJ} \times 100$$

Comme nous recherchons une valeur moyenne du recrutement mensuel, nous avons effectué la moyenne des PiJ pour les années 1971 à 1973

$$\bar{P}_{iJ} = \frac{PiJ(1971) + PiJ(1972) + PiJ(1973)}{3}$$

Les valeurs ainsi trouvées de $\bar{P}_{3,J}$, $\bar{P}_{4,J}$, $\bar{P}_{5,J}$ sont résumées dans le tableau suivant (comme précédemment nous avons fait ce calcul sur les seuls individus femelles).

J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\bar{P}_{3,J}$	18,3	16,7	27,7	9,4	4,5	3,8	2,1	1,8	2,9	3,5	4,6	9,6
$\bar{P}_{4,J}$	8,9	19,5	20,1	14,5	9,1	5,1	3,6	3,2	3,0	3,3	2,9	6,5
$\bar{P}_{5,J}$	5,1	15,7	18,6	14,4	13,7	7,7	5,4	4,4	4,0	4,0	3,2	3,8

Nous voyons qu'à l'âge 3 les indices d'abondance relative dans les mois de saison sèche (J=5 à 10) sont plus faibles que ceux correspondant aux âges 4 et 5. Ceci provient du fait que, comme l'a montré LE RESTE, l'âge du plein recrutement dans la pêcherie industrielle varie avec la saison, le recrutement s'effectuant plus tard en saison sèche. L'utilisation des valeurs $\bar{P}_{3,J}$ (J = 1 à 12) comme indice mensuel du recrutement risque donc de minimiser l'importance réelle du recrutement qui a lieu en saison sèche. L'utilisation des valeurs $\bar{P}_{5,J}$ (J=1,12) risque lui de minimiser l'importance réelle du recrutement qui a lieu pendant la saison des pluies puisqu'un effort de pêche important s'est déjà appliqué sur les classes d'âge 3 et 4. Nous pouvons diminuer l'erreur due à ces phénomènes en ne considérant que les individus d'âge 4 et 5 mois (non encore totalement recrutés dans la pêcherie industrielle). Nous pouvons calculer à partir de ces classes un indice mensuel d'abondance des individus de 3 mois. Ceci peut être fait à partir des observations correspondant aux âges 3 et 4 ; 3,4 et 5 ou 4 et 5. Nous devons bien sûr tenir compte du fait qu'à un décalage entre les âges correspond un décalage entre les mois c'est-à-dire que l'indice $P_{i+1, J+1}$ correspond à l'indice $P_{i,J}$. Nous obtenons ainsi un nouveau tableau des indices mensuels du recrutement à l'âge i = 3.

J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
\bar{P}_{3J} (3)	18,3	16,7	27,7	9,4	4,5	3,8	2,1	1,8	2,9	3,5	4,6	9,6
\bar{P}_{4J} (3)	19,5	20,1	14,5	9,3	5,1	3,6	3,2	3,0	3,3	2,9	6,5	8,9
\bar{P}_{5J} (3)	18,6	14,4	13,7	7,7	5,4	4,4	4,0	4,0	3,2	3,8	5,1	15,7
(1) $(\bar{P}_{3J} + \bar{P}_{4J})/2$	18,9	18,4	21,1	9,4	4,8	3,7	2,7	2,4	3,1	3,2	5,6	9,3
(2) $(\bar{P}_{3J} + \bar{P}_{4J} + \bar{P}_{5J})/2$	18,8	17,1	18,6	8,8	5,0	3,9	3,1	2,9	3,1	3,4	5,4	11,4
(3) $(\bar{P}_{4J} + \bar{P}_{5J})/2$	19,1	17,3	14,1	9,1	5,2	4,0	3,6	3,5	3,2	3,2	5,8	12,3

Etant donné la très faible quantité de crevettes d'âge 3 pêchées par les chalutiers en général, nous serons plus tentés de choisir les indices (2) et (3) qui donnent d'ailleurs des résultats très similaires. Les indices calculés ci-dessus sont des indices moyens pour l'ensemble de la pêcherie (toutes zones comprises), des phénomènes particuliers à une zone ou à une autre peuvent donc être masqués. En outre ces valeurs sont les moyennes de trois années ce qui explique en partie que les pics de recrutement n'apparaissent pas dans ce schéma global. L'essentiel du recrutement a lieu de décembre à avril et surtout de janvier à mars.

Bien que le recrutement ne soit pas encore total à 4 mois (puisque'il s'étale de 3 à 5 mois) nous pouvons considérer dans les modèles qu'il s'effectue en totalité à cet âge.

t	Femelles		Mâles		Classe d'âge	Femelles W_i	Mâles W_i
	W g	Lc mm	Wt g	Lc mm			
1		(7)		(7)	1+		
2		(14)		(14)		2+	
3	3,99	20,0	4,00	20,0	3+		6,15
4	8,31	26,49	6,68	23,3		4+	10,5
5	12,61	31,13	8,43	25,4	5+		14,5
6	16,35	34,41	9,79	26,8		6+	17,9
7	19,37	36,74	10,81	27,7	7+		20,5
8	21,70	38,39	11,55	28,4		8+	22,6
9	23,45	39,56	12,07	28,8	9+		24,1
10	24,75	40,39	12,44	29,2		10+	25,2
11	25,61	40,93	12,7	29,4	11+		26,0
12	26,36	41,39	12,8	29,6			

TABLEAU 26 - Croissance de *Penaeus indicus*

5.3. MODELE INTEGRANT LE PRIX DES CREVETTES PAR CATEGORIE DE TAILLE

L'intérêt de l'utilisation d'un modèle de Ricker est que l'on peut y faire intervenir le prix des crevettes qui diffère suivant les catégories de calibres. Les crevettes les plus grosses ont en effet une valeur marchande plus élevée pour un poids donné. Les indices de prix en fonction du calibre ont été transformés auparavant en indices en fonction de l'âge ; ils sont donnés ci-dessous pour les mâles et les femelles¹.

Age (en mois) \ Indice de prix	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Femelles	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2	2,2
Mâles	0,9	1,0	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3

L'équation du modèle de type Ricker est alors légèrement modifiée.

Soit V la valeur

P_J l'indice de prix à l'âge J

$$V_T = \sum_{i=1}^{12} \sum_{J=K}^{J_{\text{Max}}} N_{(L,K)} \cdot F_{(i+J-K)} \cdot W_{(J)} \cdot P_{(J)}$$

$$V_T (\text{mâles} + \text{femelles}) = V_T (\text{mâles}) + V_T (\text{femelles})$$

Résultats.

Nous avons représenté sur la figure 62, l'évolution d'un indice de la biomasse pêchée et de sa valeur pour M constant = 0,2 lorsque la mortalité par pêche F s'accroît, l'âge au recrutement étant estimé à 4 mois.

Le poids pêché augmente avec F de façon significative jusqu'à $F=0,6$. Après cette valeur, un doublement de F n'entraîne plus qu'un accroissement de 9% des captures. La valeur totale du produit pêché est maximum pour $F=0,5$; un accroissement de la mortalité par pêche au-delà de 0,5 entraîne une très légère diminution du revenu total.

¹ Ces indices sont basés sur les cours moyens de la crevette en 1972-1973 à la Bourse de New-York.

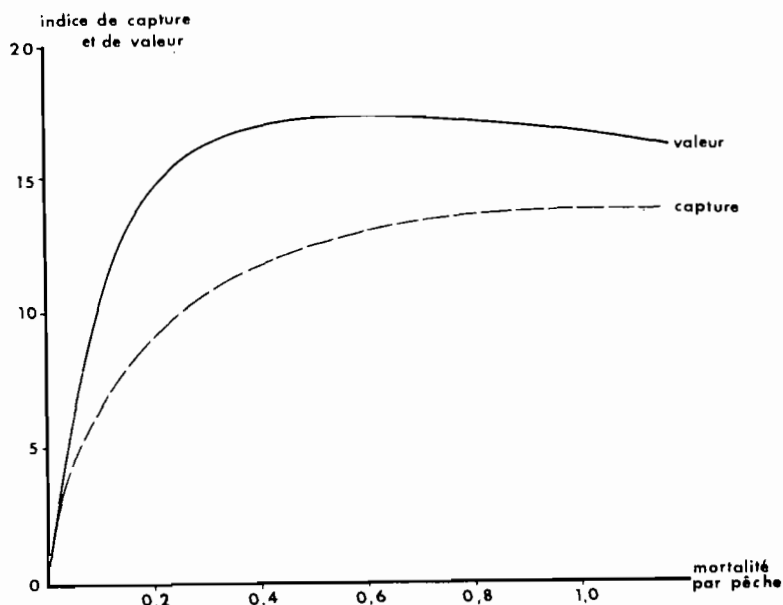


Fig.62 - Courbes des captures totales et de la valeur de ces captures pour *Penaeus indicus* (♂ + ♀)

- Age de recrutement : 4 mois
- $M = 0,2$

6 - Effet calculé et observé d'une fermeture de la pêche

- Effet à attendre d'une fermeture de la pêche de 1 mois.

En utilisant le modèle décrit précédemment, il nous est possible de simuler des fermetures de pêche de durées diverses pendant des mois déterminés. Nous donnons dans le tableau 27 un indice des poids pêchés et de la valeur des captures lorsqu'aucune fermeture n'a lieu et lorsqu'une fermeture de 1 mois est décidée.

Les paramètres choisis sont :

- Age au recrutement 4 mois
- $M = 0,2$
- $F = 0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8$

Ce tableau nous montre que les fermetures de la pêche pendant 1 mois, et il en est de même de fermeture de la pêche pendant deux mois, n'ont aucun effet sur les captures totales qui n'en sont pas améliorées sensiblement, ni sur la valeur du produit pêché.

Mois de Fermeture	F = 0,2		F = 0,4		F = 0,6		F = 0,8	
	Poids	Valeur	Poids	Valeur	Poids	Valeur	Poids	Valeur
Aucun	958+	1430+	1198+	1670	1281+	1680	1331	1660
Janvier	934	1410+	1187	1680	1280	1728	1336	1730
Février	926	1410	1182	1690+	1280	1740+	1338+	1750+
Mars	915	1400	1174	1680	1274	1740	1334	1740
Avril	907	1380	1168	1670	1269	1720	1330	1740
Mai	904	1370	1166	1660	1267	1710	1326	1720
Juin	906	1370	1167	1640	1267	1690	1325	1700
Juillet	911	1370	1171	1640	1270	1690	1326	1700
Août	916	1370	1176	1640	1272	1690	1328	1690
Septembre	922	1382	1180	1650	1275	1690	1329	1700
Octobre	928	1390	1183	1652	1276	1690	1330	1700
Novembre	933	1400	1186	1660	1277	1690	1330	1700
Décembre	937	1410	1187	1660	1279	1700	1332	1700

TABLEAU 27 - Indices de poids et de valeur obtenus dans les simulations, suivant le mois de fermeture. M constant = 0,2 ; F = 0,2 à 0,8; âge de recrutement 4 mois.

Pour des valeurs de F comprises entre 0,4 et 0,6 le gain consécutif à une fermeture de la pêche en janvier-février ou mars est très faible (environ 4% en valeur). Nous devons insister toutefois sur le fait qu'une fermeture de la pêche pendant une courte période, située au moment du recrutement principal (entre janvier et mars), ne diminue en tout cas nullement le niveau total des prises ou des revenus.

- Effets observés d'une fermeture de la pêche pendant la période de recrutement de janvier-février dans les zones situées au nord de Majunga.

Nous présentons sur la figure 63 les prises mensuelles cumulées en tonnes de crevettes entières dans les zones 1 à 4 pour les années 1972 à 1975.

Durant la période considérée (janvier à mai) les prises sont presque uniquement composées de *P. indicus*. Les zones 1 à 4 ont fait l'objet d'une réglementation puisque les pêches y ont été interdites du 15 décembre 1972 au 15 février 1973, du 1^{er} décembre 1973 au 1^{er} février 1974 et du 1^{er} janvier 1975 au 1^{er} mars 1975 ; nous pouvons donc comparer les prises obtenues avec ou sans fermeture. Nous voyons que exception faite des années 1972 et 1974 les prises totales cumulées sont sensiblement identiques de mars à mai-juin.

En 1973 aucune pêche n'a eu lieu en janvier et pendant la première quinzaine de février ; les prises cumulées en mars-avril et mai atteignent cependant celles de 1971 du fait principalement des rendements très élevés obtenus en février et mars. En 1975, la fermeture s'est située en janvier et février. Dès le premier mois de pêche (ici mars) les prises totales ont atteint les prises cumulées de janvier-février-mars 1971 et de février-mars 1973 et 1974. Il apparaît donc qu'une fermeture de 1 ou 2 mois n'entraîne ni augmentation ni diminution du niveau total des prises.

- Cas particulier de la zone du cap St-André.

Cette zone est intéressante à considérer car : en 1971 et 1972 les prises sont restées insignifiantes de janvier à mai du fait d'un effort de pêche très faible (Fig.64). La fermeture des zones situées au nord de Majunga

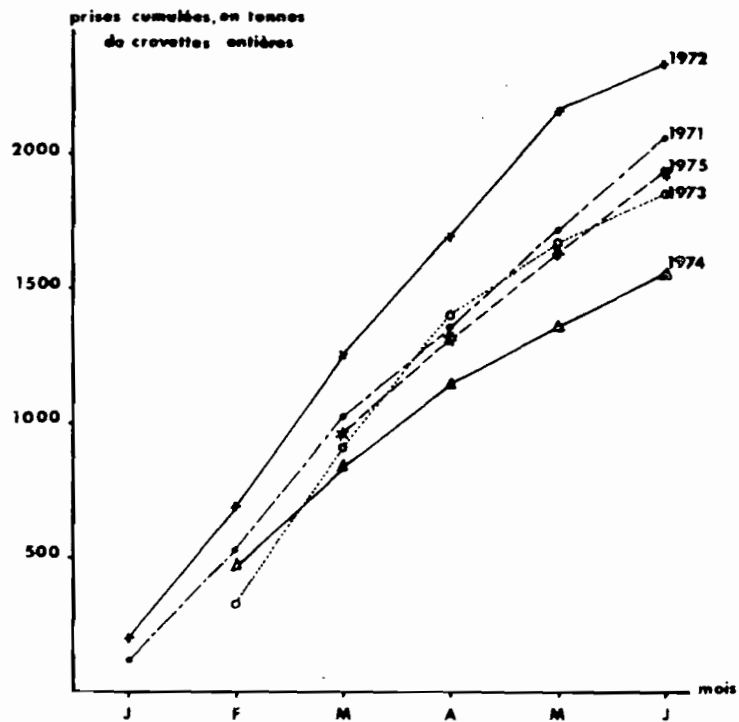


Fig.63 - Prises cumulées dans les zones 1 à 4.

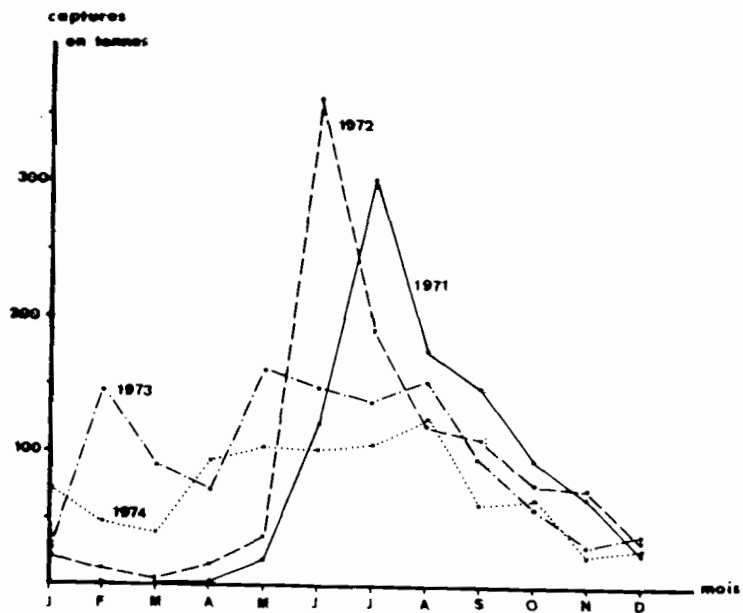


Fig.64 - Evolution des captures totales mensuelles dans la zone du cap Saint-André.

décidée par le Service des Pêches, a provoqué en 1973 et 1974 un accroissement considérable de l'effort de pêche dans cette zone en début d'année.

Nous observons que quelle que soit la répartition au cours de l'année de l'effort de pêche, les captures moyennes de 1971-1972 et 1973-1974 sont restées identiques (830 t et 835 t pour *P.indicus*). Par conséquent, une absence de pêche pendant ces quatre mois n'a pas entraîné de baisse des captures globales.

Le calibre moyen par contre a beaucoup augmenté¹ puisque de 26,8 et 29,0 en 1971 et 1972, il passe à 36,2 et 37,4 en 1973 et 1974.

Nous donnons ci-dessous une estimation de la valeur des prises totales pour ces quatre années, basée sur la proportion des différents calibres et le prix de ceux-ci.

	1971	1972	1973	1974
<i>P.indicus</i> (estimé)	809	850	970	700
Valeur (indice)	1847	1859	1923	1375
Poids moyen pour 2 ans	830		835	
Valeur moyenne	1853		1649	

- Conclusions.

L'absence de pêche de janvier à mai n'a entraîné ni diminution ni accroissement notable des prises (+0,6%).

Une pêche intense pendant la phase de recrutement principal, a entraîné une légère diminution de la valeur du produit pêché (-11%).

7 - Fécondité du stock

Aucune étude n'a été menée sur la fécondité telle qu'on la définit habituellement (nombre d'oeufs émis par poids de géniteur). Néanmoins, sachant que très généralement le nombre d'oeufs émis est proportionnel au nombre et au poids des femelles mûres, nous pouvons considérer comme indice de fécondité du stock la biomasse des femelles susceptibles de pondre.

$$F = K.B$$

¹ C'est-à-dire que la taille moyenne des crevettes a fortement baissée.

L'âge de première maturité pour *Penaeus indicus* est estimé à 4 mois (LE RESTE et MARCILLE, 1976a). La fécondité est donc

$$F = K \sum_{i=4}^{imax} N_i W_i$$

N_i nombre moyen de survivants d'âge i . La figure 65 nous donne pour différents âges à la première capture et des mortalités par pêche croissante, le rapport de la biomasse des femelles de 4 mois et plus sur la biomasse totale des femelles dans le cas d'un stock vierge (F nul).

Résultats.

- Sur la figure A, nous avons pris en considération la biomasse totale annuelle. Pour une mortalité par pêche de 0,6, la fécondité du stock peut être estimée à environ 30% de celle du stock vierge.

- En fait nous savons que la ponte a lieu essentiellement de septembre à décembre. Le même calcul est effectué pour cette période ; le niveau actuel de la fécondité est alors estimé à 20% du niveau correspondant au stock vierge.

8 - Relation stock-recrue

Apparemment le stock de *P. indicus* a atteint depuis 1973 un niveau critique puisque les captures ont diminué malgré un accroissement de l'effort de pêche. Il est intéressant de déterminer si la baisse du niveau des prises est due ou non à une diminution du recrutement. Pour examiner l'allure de la relation existant entre le nombre de recrues et le stock parental il est nécessaire d'obtenir :

- une estimation du stock parental.

Cette estimation est obtenue à partir de la prise par unité d'effort sur le stock adulte au moment de la principale période de ponte (septembre à décembre).

- une estimation du nombre de recrues.

Elle est obtenue par l'analyse des cohortes moyennes annuelles. Cette analyse permet d'estimer au moins le recrutement minimum pour chaque cohorte. Les calculs sont effectués pour deux valeurs estimées de M : $M = 0,15$ et $M = 0,25$.

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant et sur la figure 66.

Années		1970	1971	1972	1973	1974
Indice du stock parental		30	26	14	11	8
Indice de recrutement	$M = 0,15$	123	162	161	116	101
	$M = 0,25$	168	219	219	157	135

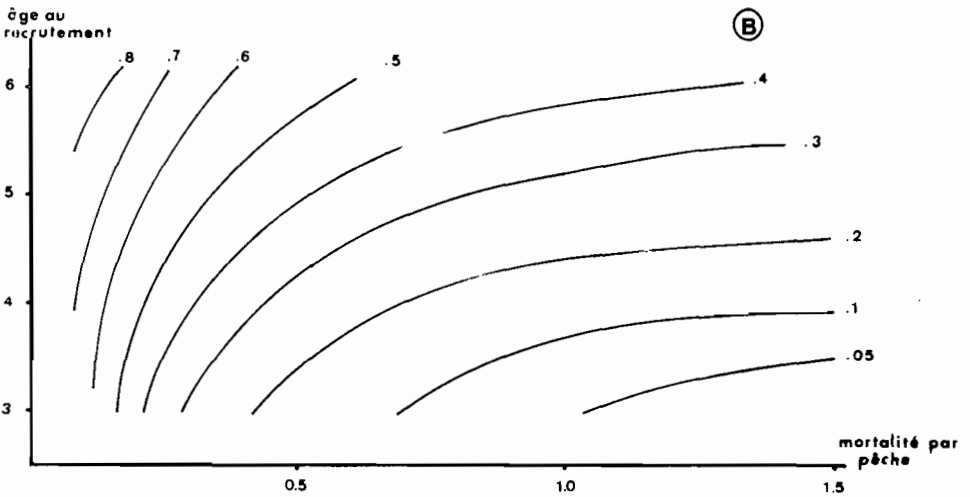
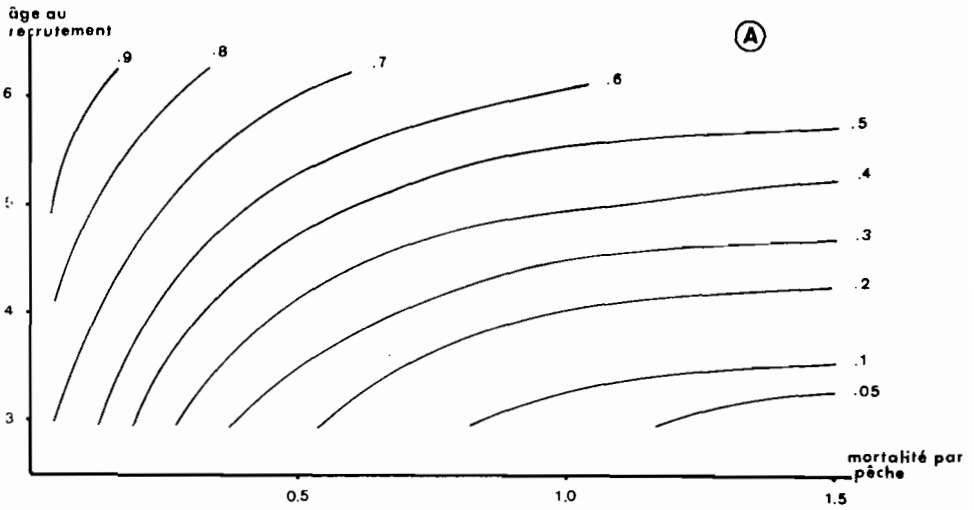


Fig.65 - Indice de fécondité du stock (par rapport à la fécondité du stock vierge) en fonction de l'âge au recrutement et de la mortalité par pêche.

A - Indice moyen calculé sur l'ensemble de l'année.

B - Indice pour la période septembre-novembre.

En 1970, la totalité des zones de pêche de la côte nord-ouest malgache n'ayant pas été exploitées, l'indice de recrutement calculé pour l'ensemble des zones est probablement sous estimé. En 1971 et 1972 le niveau du recrutement est assez élevé et constant ; il diminue fortement en 1973 et 1974 par rapport aux deux années précédentes. Cette tendance est confirmée par la diminution des prises de la pêcherie artisanale en 1974 en baie d'Ambaro (222 tonnes en 1974 pour 273 tonnes l'année précédente). Il est possible que le faible recrutement de 1974 soit dû en partie aux très faibles précipitations enregistrées cette année là ; cependant le niveau des prises de 1975 est resté sensiblement identique à celui de l'année précédente malgré de fortes précipitations et un effort de pêche important. Nous estimons donc possible qu'une mortalité par pêche excessive ait affecté le recrutement ; mais vue la grande variabilité dans la relation stock-recrue on ne peut écarter la possibilité que l'on ait affaire à un simple artefact.

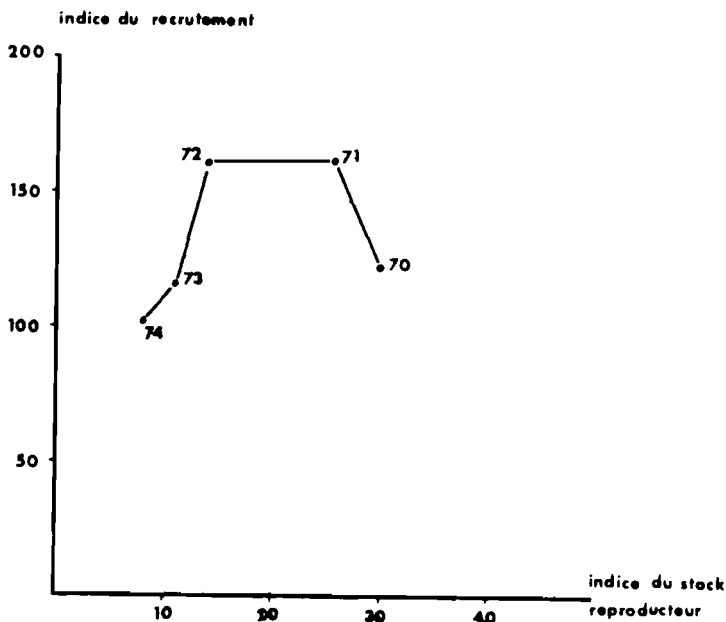


Fig.66 - Relation stock-recrue pour *P. indicus*.

9 - Approche analytique de la dynamique des populations de *M. monoceros*

L'approche analytique de la dynamique des stocks de *M. monoceros* est très délicate car la connaissance de la croissance et de la mortalité naturelle de cette espèce est très imparfaite. La croissance a été obtenue en effet à partir de résultats de marquage (LE RESTE et MARCILLE, 1976b) sur un nombre très faible d'individus (66 femelles et 10 mâles).

Les valeurs de K et L_{∞} sont :

- Pour les femelles $K = 0,253$
 $L_{\infty} = 36,06$ (en longueur céphalothoracique) soit $LQ = 88$.
- Pour les mâles $K = 0,257$
 $L = 28,24$ soit $LQ_{\infty} = 79$

Nous avons effectué pour les années 1972 à 1974 l'analyse d'une cohorte moyenne et l'estimation du vecteur de mortalité par pêche pour des valeurs de M comprises entre 0,1 et 0,3. Le calcul de l'effectif pêché pour chaque âge se fait suivant le même processus que pour l'espèce *P. indicus* (recherche de la répartition des tailles des individus pour chaque calibre, calcul du nombre de femelles par taille à partir du sex-ratio donné figure 47).

Age	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Croissance	47	56	64	68	72	76	79	81	83	85	87	89	91

TABLEAU 28 - Croissance de *M. monoceros* (femelles) utilisée dans les simulations (en longueur de queue et en mm).

Les vecteurs de F sont donnés sur la figure 67. Pour $M = 0,1$ les vecteurs de F convergent vers des mortalités par pêche de 0,5 pour les âges 5, 6 et 7. Pour $M = 0,3$ les valeurs de F se situent entre 0,25 et 0,35.

En baie de Tsimipaika la mortalité par pêche de *M. monoceros* a été évaluée à 0,29 (LE RESTE et MARCILLE, 1976b). Ceci est une valeur minimale puisqu'il est possible qu'une proportion non négligeable de crevettes soient mortes juste après le marquage ou n'aient pas été signalées par les pêcheurs. Il nous semble probable en conséquence que la mortalité naturelle se situe plutôt entre 0,1 et 0,2.

Un modèle de Ricker¹ a été appliqué pour différents multiplicateurs des vecteurs de F estimés, pour $M = 0,1$ et 0,3. Pour les femelles aucun gain en poids ne peut être attendu. Un doublement de l'effort entraînerait même une diminution d'au moins 3% des captures (cas où $M = 0,1$) ou au mieux un gain de 18% (dans le cas peu probable où $M = 0,3$) (Fig.68).

¹ Programme FRG 708 (Lawrence E. GALES, 1963).

Le stock de *M.monoceros* sur la côte nord-ouest paraît donc être exploité à son maximum et aucune augmentation des prises ne peut être espérée même d'une augmentation de la taille à la première capture.

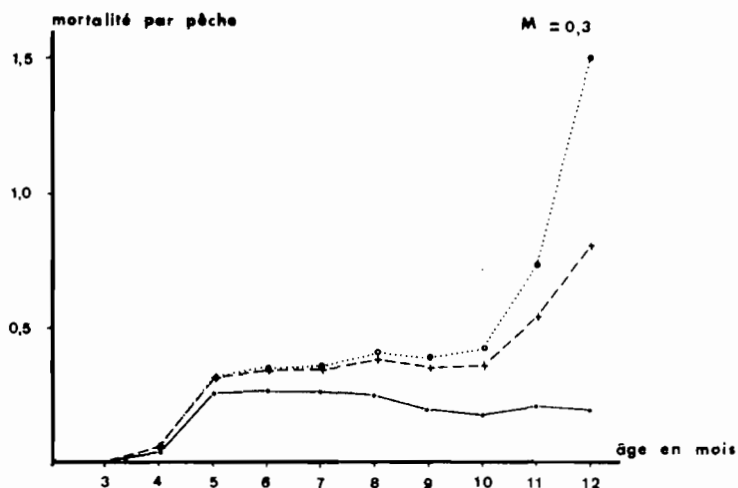
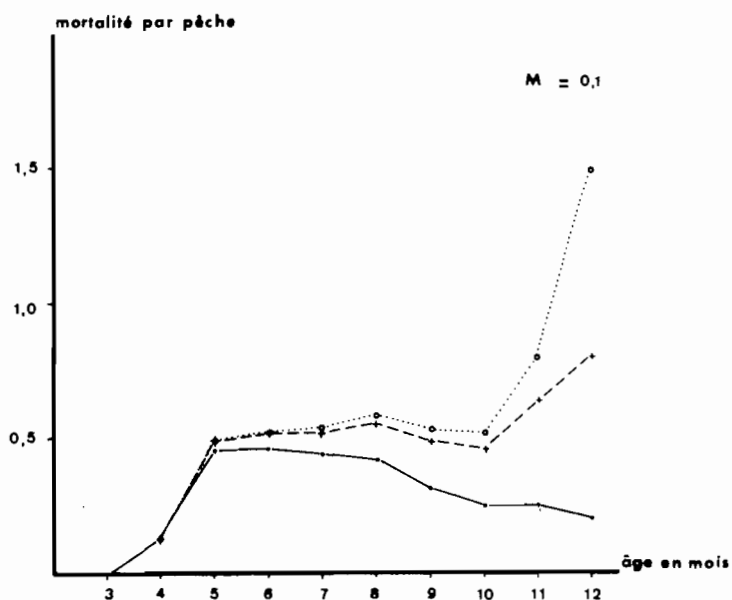


Fig.67 - *Metapenaeus monoceros* - Vecteurs de mortalité par pêche (F_i) pour $M = 0,10$ et $M = 0,30$ (Toutes zones comprises, pour une cohorte moyenne 1972-1974, dans l'hypothèse de la croissance rapide).

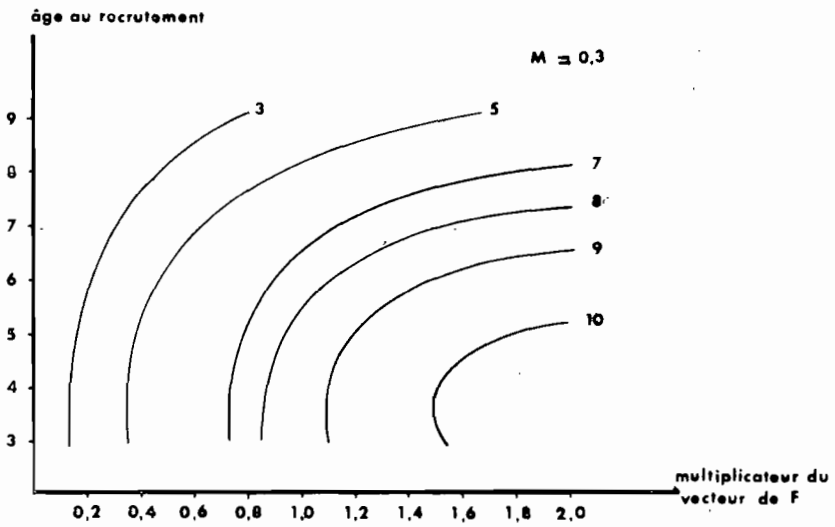
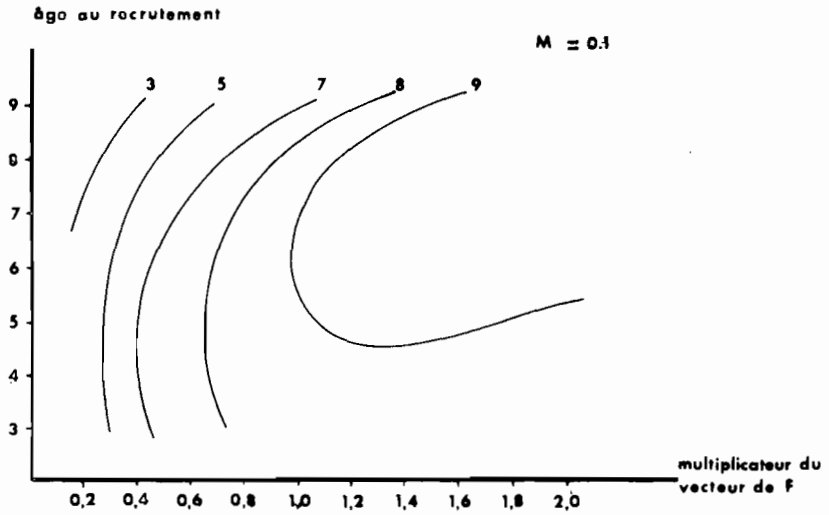


Fig.68 - Diagramme de production de *M.monoceros* pour différents multiplicateurs du vecteur de F estimé.

10 - Approche analytique de la dynamique des populations de *P. semisulcatus*

Comme dans le cas de *M. monoceros*, on connaît très mal pour l'espèce *P. semisulcatus* les paramètres de croissance et de mortalité naturelle, par conséquent l'approche analytique de la dynamique du stock ne peut être abordée qu'en faisant de nombreuses hypothèses sur ces paramètres.

Les paramètres de croissance ont été estimés par LE RESTE et MARCILLE (non publié) à partir de l'étude des progressions modales¹.

Pour les femelles $K = 0,254$ $LC_{\infty} = 39,4$

Pour les mâles $K = 0,351$ $LC_{\infty} = 28,9$

La croissance des femelles est donnée dans le tableau 29.

Les effectifs pêchés pour chaque âge sont estimés par la même méthode que celle utilisée pour *P. indicus* et *M. monoceros*.

Age	2	3	4	5	6	7	8	9	10
LQ	49	63	73	81	87	92	97	100	102

Nous avons effectué pour les années 1973 et 1974 l'analyse d'une cohorte moyenne et avons estimé les vecteurs

TABLEAU 29 - Croissance de *P. semisulcatus* (femelles) en longueur de queue et mm.

de mortalité par pêche pour $M = 0,1$ et $M = 0,3$. Les valeurs de F_i convergent très vite vers $0,35$ ($M = 0,1$) et $0,20$ ($M = 0,3$) (Fig.69). Dans le premier cas (Fig.70) la matrice de production pour différents multiplicateurs du vecteur de F montre qu'aucun gain en poids ne peut être attendu d'une augmentation de F ; dans le cas où $M = 0,3$ un doublement de l'effort permettrait d'augmenter les prises d'environ 20% (Fig.70). Le gain est faible et l'hypothèse sujette à caution ; il apparaît donc que si aucun stock nouveau n'est découvert, les prises de cette espèce ne pourront que plafonner au niveau actuel.

¹ Cette technique est très incertaine pour des espèces tropicales dont le recrutement s'étale sur une grande période.

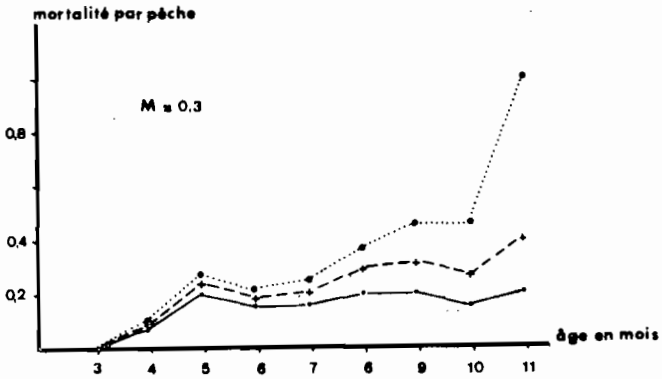
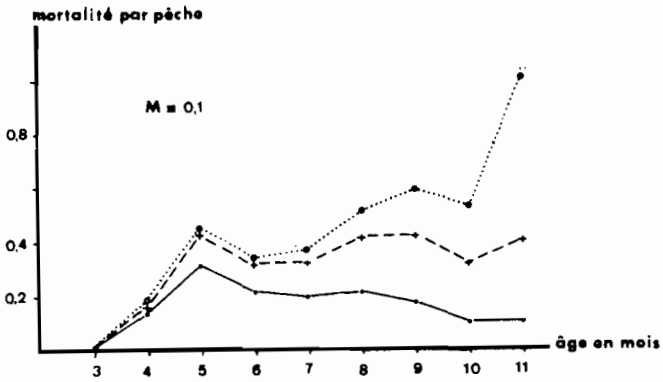


Fig.69 - *P. semisulcatus* - Vecteurs de mortalité par pêche (F_i) pour $M = 0,10$ et $M = 0,30$. (Toutes zones comprises, pour une cohorte moyenne 1973-1974).

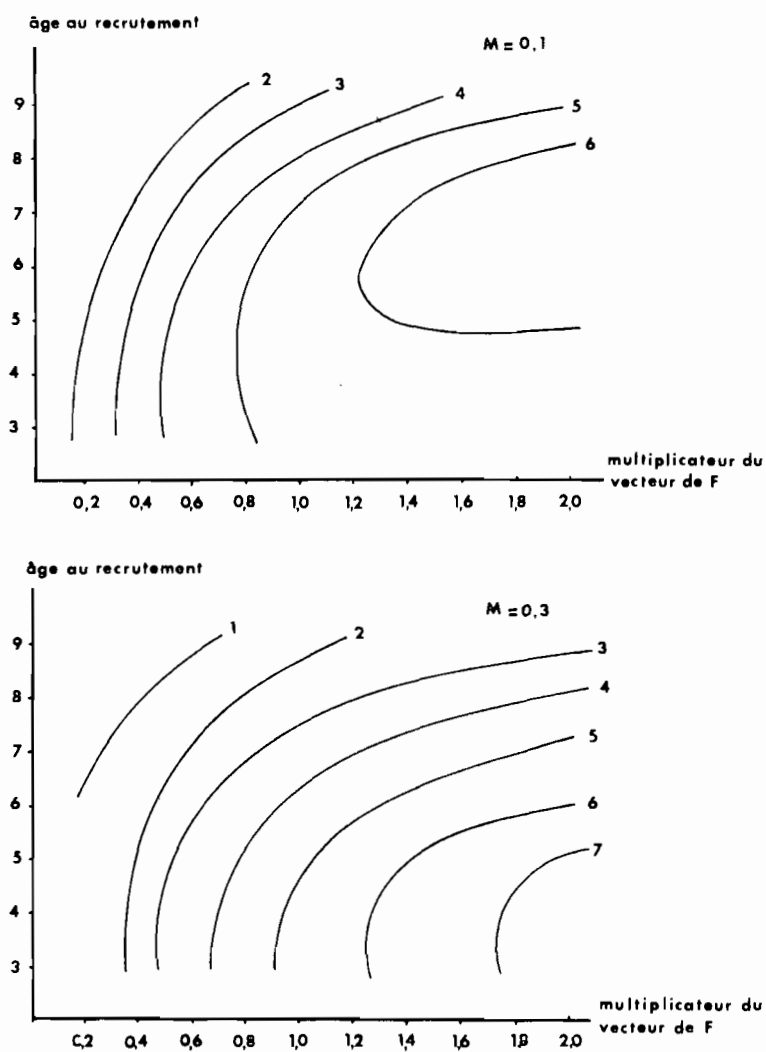


Fig.70 - Diagramme de production de *P. semisulcatus* pour différents multiplicateurs du vecteur de F estimé.

11 - Commentaires généraux sur la validité des modèles analytiques

Dans les modèles analytiques tous les individus d'un même groupe d'âge sont censés avoir la même croissance, la même mortalité naturelle et la même probabilité de capture ; la validité de ces modèles est étroitement liée à celle des différents paramètres qui y interviennent.

- Mortalité naturelle.

Comme l'indique GARCIA (1976), on a longtemps admis que la mortalité naturelle était constante avec l'âge. Des recherches sur les stocks vierges ont cependant montré qu'elle augmente plutôt avec celui-ci (RICKER, 1975). C'est vraisemblablement le cas chez des pénéides et tout particulièrement chez *P. indicus*, même si les accroissements de M avec l'âge calculés pour cette espèce nous paraissent un peu excessifs. En fait les captures en étant surtout composées d'individus de 4 à 6 mois (alors que la durée de vie des crevettes à Madagascar est au maximum de 12 à 18 mois), nous admettrons comme GARCIA que l'erreur introduite en considérant M constant avec l'âge est faible. Quant aux valeurs absolues de M, elles sont très difficiles à préciser, et sont très différentes suivant les auteurs (Tableau 30). C'est la raison pour laquelle nous avons estimé pour chaque espèce des valeurs extrêmes de M, et les avons employées dans les modèles analytiques.

Espèce	Coefficient mensuel de mortalité naturelle	Source
<i>P. duorarum</i>	0,55	KUTKUHN (1962)
<i>P. duorarum</i>	0,08 - 0,24	BERRY (1967)
<i>P. duorarum</i>	0,32 - 0,44	COSTELLO et ALLEN (1968)
<i>P. duorarum</i>	0,17	GARCIA (1976)
<i>P. plebejus</i>	0,20	LUCAS (1974)
<i>P. indicus</i>	0,22	LE RESTE et MARCILLE (1976a)
<i>P. indicus</i>	0,15 - 0,25	MARCILLE (présent travail)
<i>P. semisulcatus</i>	0,10 - 0,30	MARCILLE (présent travail)
<i>M. monoceros</i>	0,10 - 0,20	MARCILLE (présent travail)

TABLEAU 30 - Estimation de la mortalité naturelle des crevettes pénéides par divers auteurs.

- Mortalité par pêche pour chaque âge et suivant le sexe.

Les mortalités par pêche pour chaque âge ont été estimées, nous l'avons vu, par des analyses de cohortes sur les femelles seulement, la mortalité étant supposée identique pour les mâles. Ceci est une hypothèse qu'il reste à vérifier. Bien que la mortalité par pêche soit importante, la valeur du sex-ratio reste tout au long de l'année, et pour les trois espèces (LE RESTE et MARCILLE, 1976a et 1976b) sensiblement identique à 1 ; en première approximation, cette condition paraît donc remplie¹.

- Croissance.

L'étude de la croissance des pénéides par marquage (marque de Petersen) donne, comme l'indique GARCIA (1976) et contrairement à l'opinion de KURATA (1962), d'excellents résultats. Dans tous les modèles, pour *P.indicus* et *M.monoceros* nous avons introduit les paramètres de croissance calculés par cette technique ; cependant pour *P.indicus* l'étude a été effectuée pendant la saison chaude et pluvieuse, or GARCIA a montré que la croissance pouvait être différente suivant la saison. Dans le cas de *M.monoceros* par contre, l'étude de la croissance a eu lieu en saison froide et sèche ; il se peut donc que des biais soient ainsi introduits dans les modèles utilisés.

¹ En fin de saison sèche (octobre, novembre) soit au moment de la principale période de reproduction nous savons que les captures de *P.indicus* peuvent comprendre plus de 90% de femelles, les mâles restant alors sans doute dans la zone intertidale. Le faible niveau des prises à cette époque de l'année nous laisse supposer cependant que pour l'ensemble de l'année les mortalités par pêche sur les deux sexes sont sensiblement identiques (LE RESTE et MARCILLE, 1976a).

5. aménagement de la pêcherie

Considérations générales sur les aménagements

Afin d'arriver à une réglementation conforme aux intérêts du pays et maintenir les ressources à leur niveau optimal, GULLAND préconise trois types d'action à entreprendre :

1° - Une information sur les ressources, et l'examen de l'effet que provoque leur exploitation.

2° - Une information sur la flottille elle-même, et ses implications sociales et économiques pour le pays, en vue de déterminer les bases des objectifs à atteindre.

3° - Un examen des aménagements possibles permettant d'atteindre au mieux ces objectifs.

Ces trois actions forment une suite logique mais sont aussi étroitement liées les unes aux autres. Nous avons dans les précédents chapitres examiné le premier point, mais ne perdons pas de vue l'objectif final à savoir l'aménagement rationnel de la pêche (point 3) qui dépend étroitement des implications sociales et économiques nationales (point 2).

1 - Objectifs de l'aménagement

Comme l'indique GULLAND (1974) les objectifs de l'aménagement des pêcheries peuvent être très divers ; il est par conséquent indispensable de les définir et de les identifier avec soin, sinon les mesures d'aménagement choisies risqueraient de ne pas être appropriées. Les objectifs sont presque toujours en contradiction les uns avec les autres ; des priorités, découlant de choix politiques, doivent alors être envisagées.

Les principaux objectifs peuvent être :

- Un accroissement du volume total des prises.

Ce peut être un premier but à atteindre, apparemment ; il nous faut cependant insister sur le fait qu'il existe toujours une limite à l'exploitation d'un stock donné. Dans la pratique il s'avère que tant que ce volume augmente de façon régulière avec l'effort de pêche, personne ne s'intéresse à une exploitation rationnelle du stock ; ce n'est que lorsque ce volume stagne ou diminue que les inquiétudes apparaissent et que des conseils techniques sont sollicités.

- Un accroissement de la valeur totale des captures.

Nous avons vu que plus les crevettes sont grosses et plus leur valeur marchande au kilogramme est élevée, plus le stock est exploité et plus la taille moyenne des crevettes diminue. En conséquence à partir d'un certain niveau de l'effort le gain en poids n'entraîne plus de gain en valeur, il est donc inutile de dépasser ce niveau optimum d'effort. La courbe de la valeur de la pêche en fonction de son coût est donnée sur la figure 71 (GULLAND, 1974). Au-delà du point B, l'accroissement de l'effort et donc du coût ne peut plus entraîner de gain supplémentaire.

Comme l'indique GULLAND, le critère généralement utilisé pour déterminer la venue ou non d'un nouveau bateau est sa capture potentielle et non l'accroissement s'il y en a du total des captures. En fait dans un système de concurrence chaque compagnie a une tendance naturelle à vouloir augmenter sa part relative des captures et du marché. Cet enchaînement fait que l'effort tend à progresser jusqu'à ce que les coûts excèdent le gain par unité d'effort, c'est-à-dire en direction du point A (Fig. 72). Au-delà de ce point¹ l'activité de pêche n'est plus rentable et l'effort tend à diminuer².

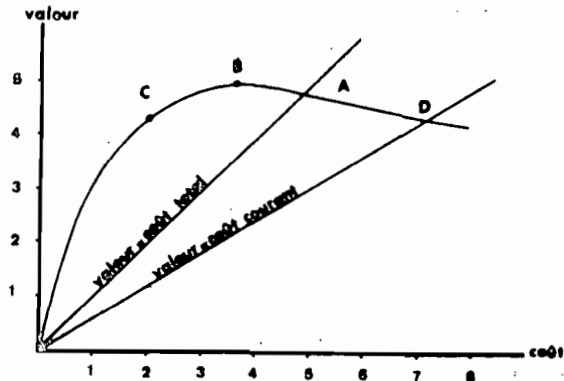


Fig.71 - Relation entre la valeur du produit pêché et le coût de l'effort de pêche (GULLAND, 1974)

- L'obtention du maximum de bénéfice.

Nous donnons sur la figure 72 la courbe du bénéfice net qui correspond à la valeur totale du produit de la pêche diminuée des coûts de production. Le bénéfice maximum correspond au point C. Au-delà de ce point toute augmentation de l'effort et donc de coût entraîne une diminution du bénéfice net.

- L'obtention d'un maximum de devises.

Du fait qu'elles sont vendues dans des pays à devises fortes (Etats-Unis, Japon), les crevettes sont un produit essentiel dans l'économie d'un pays comme Madagascar. En première approximation on peut considérer que le maximum de devises obtenu coïncide avec la valeur maximale du produit de la pêche. En fait le coût de l'effort de pêche (navires, filets, gaz-oil, paie du personnel expatrié etc ...) est constitué lui aussi en partie de devises fortes, c'est donc la différence entre la valeur en devises du produit de la pêche et la valeur en devises de l'effort de pêche qui doit être maximum. Le bénéfice en "devises" maximum correspond donc à un point C' situé entre C et B (Fig.72).

¹ Ce point correspond au niveau économique (DAGET et LE GUEN, 1974).

² En fait bien souvent, comme l'indique GULLAND (1974) l'effort peut dépasser ce "niveau économique" dans la mesure où les nouveaux navires qui sont passés en commande en période favorable sont souvent exploités lorsque la conjoncture est moins bonne ; ils pourront être utilisés tant que les captures couvriront les frais courants qui peuvent n'être qu'une faible partie des frais totaux. Le point d'équilibre est alors déplacé vers D (Fig.71).

- Eviter des risques inconsidérés de surpêche.

Un effort excessif dans une zone ou sur une espèce risque d'affecter le recrutement ultérieur ; le but essentiel d'un aménagement est de maintenir le potentiel de recrutement et d'éviter toute surexploitation qui pourrait se traduire par une diminution catastrophique des prises totales.

- Eviter des conflits d'intérêt.

En fait on ne peut les éviter ; on peut seulement les aménager en tentant de répartir équitablement les mesures à prendre. Nous avons montré comment les pêcheries artisanales et industrielles agissaient l'une sur l'autre ; il ne peut être question, pour des raisons sociales évidentes, d'interdire l'usage des sennes de plage et des barrages côtiers.

- Diminuer l'état de surcapitalisation de la pêche.

La pêche crevetteière au chalut est à Madagascar comme dans de très nombreux autres pays une industrie surcapitalisée c'est-à-dire que le rapport entre la valeur produite et le capital investi est devenu très faible. Une amélioration de cette situation ne peut être obtenue qu'en éliminant les capacités de production excédentaire ce qui aura pour conséquence immédiate de relever les rendements moyens par unité d'effort de pêche.

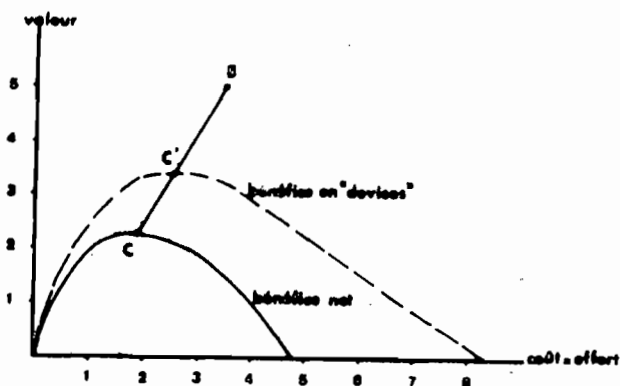


Fig.72 - Niveau maximum du revenu de la pêche (B), du bénéfice net (C) et du bénéfice en devise (C'). (Dans le cas où le coût de l'effort est à 50% un coût en devises).

2 - Techniques d'aménagement possibles

Dans les circonstances particulières à Madagascar, où la quasi totalité de la production est destinée à l'exportation nous tenons à attirer l'attention des services des pêches, seuls compétents en matière de décision, sur le fait que deux objectifs nous paraissent primordiaux (LE RESTE et MARCILLE, 1973).

a) - faire en sorte que le produit du tonnage pêché par le prix du kilogramme de crevettes, d'autant plus élevé que la crevette est plus grosse, atteigne la valeur la plus élevée possible.

b) - éviter que le recrutement ne diminue.

Ces deux objectifs conduisent à protéger les jeunes crevettes et à empêcher qu'un effort excessif ne soit appliqué dans les zones à haut potentiel¹.

Le fait que, en ce qui concerne *P.indicus*, les jeunes individus vivent en dehors de la zone de chalutage, constitue une protection naturelle presque suffisante. Cette protection est cependant menacée dans le cas où, comme en baie d'Ambaro, une pêcherie artisanale très active est installée dans la zone intertidale. Nous étudierons donc les mesures de protection envisageables, successivement dans la pêcherie industrielle et la pêcherie artisanale.

2.1. POUR LA PECHERIE INDUSTRIELLE

Un certain nombre de techniques doivent être écartées :

- Augmentation de la taille des mailles des chaluts.

Le contrôle du maillage couramment utilisé dans les stocks de poissons démersaux serait sans grande efficacité pour les crevettes (GULLAND, 1972). En effet à une époque donnée les différences de taille des crevettes sont trop peu importantes pour qu'une augmentation de la taille des mailles ait un effet de protection sélective des jeunes².

- Création de réserves.

Puisqu'il existe plusieurs stocks de crevettes plus ou moins indépendants, il faudrait créer une réserve pour chaque stock, ce qui semble difficilement envisageable matériellement.

- Fermeture de la pêche chaque année
à partir d'un certain tonnage pêché.

Ce tonnage devrait être fixé non seulement pour chaque stock mais encore pour chaque cohorte qui alimente ce stock ce qui est matériellement impossible. Il n'est pas possible de bloquer F par une limitation des prises pour les espèces à durée de vie courte et haut taux de renouvellement ; comme le surplus de production (capture équilibrée) est très élevé par rapport à la biomasse sous jacente, on ne peut pas pêcher plus que la production équilibrée donc un quota correspondant au MSY peut ne pas empêcher F d'excéder F_{MSY} . Ensuite la même capture annuelle entraînera des F totaux différents selon qu'elle sera prélevée tôt ou tard après le recrutement. Pour appliquer efficacement un contrôle de F par quotas de capture, il faudrait donc envisager de le répartir par courtes périodes (mois ou trimestres).

Les réglementations qui restent possibles sont donc :

- La limitation du nombre de bateaux et une meilleure répartition de ceux-ci dans les différentes zones de pêche.

¹ Zones dont les rendements initiaux sont très élevés et vers lesquelles le plus grand nombre de navires tend à appliquer son effort.

² Cette opinion n'est pas partagée par HYND (1974), aussi avant de trancher dans un sens ou dans l'autre, serait-il nécessaire d'effectuer des études de sélectivité.

La venue de nouveaux navires sur la côte nord-ouest risque de provoquer une chute du niveau total des captures ; une extrême prudence dans la délivrance de nouvelles licences de pêche est donc conseillée. Dans le paragraphe 22 nous formulons des propositions concrètes qui permettraient avec un même niveau de l'effort total, d'accroître ces captures, en agissant uniquement sur la répartition optimale des efforts dans les différentes zones (voir chapitre 16).

- Arrêt de la pêche pendant une partie de l'année.

Nous savons que dans la pêcherie industrielle, dans la zone de Nosy-Bé, les crevettes sont recrutées à une taille de plus en plus grande entre décembre et octobre. Pour l'ensemble de la côte nord-ouest de Madagascar, la pêche des individus les plus jeunes s'effectue de décembre à mi-avril. La taille des crevettes augmente ensuite d'une manière à peu près continue jusqu'en août. Le problème étant de protéger les jeunes individus il faudrait essentiellement protéger le recrutement des premières cohortes ; les crevettes des cohortes suivantes étant recrutées à une taille de plus en plus grande, les mesures de protection s'imposent moins pour elles dans la pêcherie industrielle.

Pour *P. indicus* nous avons montré qu'au moins en ce qui concerne le niveau des captures totales, la fermeture n'est pas efficace¹. Cependant si elle a lieu en janvier-février à défaut de gain en poids, elle peut permettre un gain, faible il est vrai, en valeur puisque les crevettes pêchées seront en moyenne plus grosses. En outre une fermeture même courte peut permettre à un plus grand nombre de crevettes d'atteindre la taille de maturité sexuelle.

2.2. POUR LA PECHERIE ARTISANALE

Nous pouvons reprendre "in extenso" les propositions formulées par LE RESTE et MARCILLE en 1973.

- Création de réserves.

Cette solution est peu acceptable pour les mêmes raisons que celles énoncées précédemment.

- Fermeture de la pêcherie chaque année à partir d'un certain tonnage pêché.

Cette solution est peu acceptable pour les mêmes raisons que celles énoncées précédemment.

- Arrêt de la pêche pendant une partie de l'année.

Contrairement à ce que nous avons vu pour la pêcherie industrielle, dans la pêcherie artisanale toutes les cohortes et non plus seulement celles de début d'année doivent être protégées. Il est donc évident que des mesures d'interdiction temporaire de la pêche seraient trop complexes à appliquer pour que ce genre de réglementation puisse être envisagé pour la protection de toutes les cohortes.

- Protection des plus jeunes crevettes.

Dans un barrage côtier échantillonné entre mars et octobre 1969 (LE RESTE, 1971), il a été trouvé que les crevettes pouvaient être capturées à partir de 2 cm de longueur totale ; 94% des crevettes capturées mesuraient moins de 11 cm, ce qui correspond à la première apparition des signes de maturation (CHABANNE et PLANTE, 1972). Ce taux très élevé de jeunes crevettes s'explique

¹ Cet avis semble être partagé par LUCAS (1975b).

par le mode de construction des parois des barrages. Elles sont constituées par des lattis confectionnés avec des bambous éclatés ; les baguettes sont enfilées dans les ventres de deux cordes torsadées. Dans le barrage étudié, l'intervalle moyen entre deux baguettes était égal à 7,5 mm. Cet intervalle est insuffisant et devrait être porté à environ 11 millimètres. Cela doit pouvoir être assez facilement obtenu, par exemple en utilisant une corde plus grosse. Une petite méthodologie serait à mettre au point et à vulgariser dans les quelques villages côtiers pratiquant la pêche à l'aide de barrages. De même la taille des mailles des sennes de plage devrait être étudiée. Ainsi, seuls les poissons et les plus grosses crevettes seraient retenus.

L'adoption d'une telle réglementation serait à coup sûr bénéfique dans une zone comme la baie d'Ambaro. Elle ne lèserait en rien les pêcheurs locaux : ils captureraient dans leurs barrages en grosses crevettes un tonnage au moins égal à celui des petites crevettes qu'ils ne pêcheraient plus et ce tonnage aurait une valeur marchande supérieure, tandis que dans la pêcherie industrielle on obtiendrait une augmentation des captures.

- Suppression ou limitation du nombre de barrages.

Les barrages capturent, outre les crevettes, une quantité appréciable de poissons, leur suppression ou la limitation de leur nombre entraînerait donc un manque à gagner important pour certains villages. Cependant, dans le cas où l'aménagement des barrages, tel que nous l'avons préconisé, ne semblerait pas réalisable ou ne donnerait pas les résultats escomptés, il serait souhaitable d'envisager leur remplacement par des sennes de plage dont la maille aurait été convenablement choisie. Le contrôle de la maille des sennes serait ensuite relativement facile.

Il est intéressant de noter que l'emploi des sennes de plage est largement répandu, depuis 1969, dans la zone située au nord de Port St-Louis (baie d'Ambaro) ; leur utilisation devrait dès maintenant être encouragée chez les pêcheurs des villages d'Antsatrana et d'Ankazamboro (baie d'Ambaro).

De toute manière la pêcherie artisanale capturera vraisemblablement toujours une proportion appréciable de petites crevettes de faible valeur commerciale, et, à ce titre, est irrationnelle. Dans les zones où elle est installée, comme en baie d'Ambaro, les considérations sociales ne permettent pas de la supprimer mais simplement de l'aménager. Il nous semble nécessaire, par contre, qu'aucun développement de la pêcherie artisanale par les barrages côtiers ne soit permis dans les endroits où elle n'existe pas (en baie de Tsimipaika par exemple, pour la zone de Nosy-Bé).

Une promotion de la pêche artisanale a été envisagée par RAKOTOVAHINY (1971) qui préconise l'utilisation de petites embarcations à faible tirant d'eau, pêchant la crevette au chalut¹. Ces embarcations, dont quelques unes existent déjà, seront mises à la disposition des pêcheurs malgaches par un système de location-vente, ce qui aura l'avantage de faire participer activement les nationaux à la pêche crevettière.

Il nous semble cependant indispensable que ces embarcations se soumettent à la réglementation imposée aux chalutiers ; en particulier elles ne devraient pas avoir le droit de pêcher dans la zone intertidale². En effet même si

¹ Le Docteur RAKOTOVAHINY oppose alors la pêcherie artisanale, qui utiliserait ces embarcations, à la pêcherie traditionnelle qui utilise les barrages côtiers et les sennes de plage.

² Le problème se posera alors de faire respecter cette réglementation.

les chaluts ont une maille assez grande, le colmatage par les feuilles, brindilles etc ... serait rapide dans cette zone et le pourcentage de jeunes crevettes capturées serait probablement important ; d'autre part il n'est pas sûr que les pêcheurs travaillant sur les embarcations soient recrutés parmi les propriétaires de barrages et que le nombre de ces derniers diminue. Si les petites embarcations travaillent dans la zone intertidale, il est donc à craindre qu'elles ne se surajoutent aux barrages (ou ne jouent un rôle presque aussi néfaste qu'eux dans les zones où ils n'existent pas), ne faisant qu'accroître l'effort de pêche déjà irrationnel sur les jeunes crevettes immatures.

3 - Propositions d'aménagement de la pêcherie industrielle

- Répartition optimale des navires entre les différentes zones de pêche.

Nous avons vu dans le chapitre 16 qu'une meilleure répartition des navires entre les zones à haute et basse productivité permettrait très certainement d'augmenter le niveau des captures totales pour un effort de pêche identique.

Au 31 décembre 1975 la flottille crevettière malgache était composée de 32 unités, qui peuvent être rangées dans trois catégories :

- A - Glaciers de 160 à 170 CV (4 unités)
- B - Glaciers et congélateurs de 260 à 270 CV (11 unités)
- C - Congélateurs de 400 à 450 CV (17 unités).

Soit 1 la puissance de pêche d'un navire A¹, nous avons estimé celle d'un navire de type B à 1,4 et celle d'un navire de type C à 1,8 ; la puissance de pêche potentielle de la flottille au 31 décembre 1975 est donc d'environ 110.000 heures normalisées².

La répartition des navires doit tenir compte du fait

- que les glaciers ne peuvent travailler que dans les zones peu éloignées de leur base (Majunga et Nosy-Bé) ;
- que seuls les plus gros chalutiers congélateurs (> 400 CV) ont une autonomie suffisante pour travailler sur la côte ouest ou en baie d'Antongil ;
- dans les zones les plus riches, le conditionnement ne doit pas être effectué à bord³ mais le produit doit être surgelé en vrac et stocké avant que le traitement ne soit effectué à terre ;
- dans les zones plus éloignées ou moins riches les congélateurs doivent pouvoir effectuer le stockage en eau de mer réfrigérée et le conditionnement à bord.

¹ Nous avons pris jusqu'à présent ce type de navire comme unité de référence et l'effort de pêche standard utilisé est l'heure de chalutage standard d'un crevettier de 160-170 CV.

² Un crevettier chalute environ 2.200 heures/an.

³ Dans les zones riches la capacité de conditionnement à bord devient très vite un facteur limitant la puissance de pêche réelle du navire.

Nous envisageons ici deux situations possibles :

- . Hypothèse A : Maintien de la flottille à son niveau actuel (niveau au 31 décembre 1975 et exploitation des seules zones 1 à 8).
- . Hypothèse B : Augmentation de la flottille et extension de la pêche à la baie d'Antongil.

- Hypothèse A (Tableau 31)

L'effort potentiel des 32 unités est d'environ 110.000 heures standard. Dans la situation actuelle la prise maximale serait 4.500 t (Fig.44); Une stratégie globale de pêche optimisant dans chaque zone les prises et les rendements permettrait pour un même effort, de pêcher environ 5.200 tonnes. Soit 700 tonnes supplémentaires.

La répartition des navires que nous proposons est la suivante :

HYPOTHESE A	NOMBRE DE NAVIRES		
Zone	Glacier 160-170 CV	Glacier ou Congélateur 260-270 CV	Congélateur > 400 CV
1	4 (110)	4 (155)	2 (199)
2			2 (339)
3+4		2 (263)	* 1 (339)
5		5 (96)	2 (124)
6			6 (161)
7			5 (112)
Nous indiquons entre parenthèses les prises en tonnes escomptées par navire.			

TABLEAU 31 - Répartition des navires par zone de pêche dans l'hypothèse A.

- Hypothèse B (Tableau 32)

L'effort de pêche est porté à 160.000 heures c'est-à-dire que la flottille est augmentée d'environ 13 chalutiers de 400 CV. Les zones 1 à 8 sont exploitées ainsi que la baie d'Antongil. La prise maximale à condition d'appliquer la même stratégie globale de pêches est d'environ 6.000 tonnes. La répartition optimale des navires par zone est alors la suivante :

* Dans les zones 2, 3 et 4 les forts rendements qui seraient obtenus régulièrement en adoptant ce type de stratégie, font que les marées seraient nécessairement plus courtes et que le temps de chalutage par bateau et par jour serait inférieur au temps de pêche dans les autres zones. En conséquence, un navire supplémentaire pourrait y être affecté pour travailler dans la zone la plus favorable.

HYPOTHESE B	NOMBRE DE NAVIRES		
	Glacier 160-170 CV	Glacier ou Congélateur 260-270 CV	Congélateur > 400 CV
1	4 (96)	4 (135)	3 (173)
2			2 (339)
3+4		2 (263)	..
5		5 (76)	4 (98)
6			7 (147)
7+8			8 (95)
Antongil			6 (97)
Nous indiquons entre parenthèses les prises en tonnes escomptées par navire.			

TABLEAU 32 - Répartition des navires par zone de pêche dans l'hypothèse B.

Une telle répartition de l'effort de pêche ne peut être mise en place que par des mesures autoritaires décidées par la Direction des Services des Pêches.

Certaines précautions devront être prises ; en effet il est nécessaire que la répartition entre les différents armements des autorisations de pêche tienne compte des captures potentielles de chaque navire dans chaque zone, afin de ne pas favoriser un armement plus qu'un autre.

En outre le système des "Parts de Pêche" des équipages devrait être revu.

Actuellement les primes de pêche étant directement proportionnelles aux captures, tous les patrons des bateaux ont intérêt à travailler dans les zones où les rendements sont les plus élevés, même si ces zones sont très sur-exploitées.

Pour que les équipages envoyés de façon autoritaire dans les zones à rendements moins élevés ne soient pas lésés, il est nécessaire que l'indice des primes à la tonne tienne compte des captures potentielles possibles de la zone considérée¹. On pourrait envisager le système utilisé dans les pays socialistes où les rémunérations sont calculées par rapport à l'espérance moyenne des rendements pour une zone et un bateau donné.

Les valeurs relatives des indices de "Part de Pêche" que nous préconisons sont données dans le tableau 33 pour chaque zone dans les hypothèses A et B.

¹ Cet indice est donc proportionnel à la prise potentielle du navire dans la zone considérée ; la prise potentielle dépend elle du nombre total de navires pêchant dans la zone.

Zone		1	2	3+4	5	6	7+8	Antongil
HYPOTHESES	A	1	0,6	0,6	1,60	1,2	1,8	
	B	1	0,5	0,5	1,8	1,2	1,8	1,8

TABLEAU 33 - Indice de "Part de Pêche" dans les différentes zones.

- Amélioration de la puissance de pêche des navires :

. Utilisation au moment de la saison des pluies et pour les pêches de jour d'un chalut à grande ouverture verticale.

. La nuit en saison des pluies et de jour comme de nuit pendant la saison sèche, emploi d'un chalut à grande ouverture horizontale.

. En saison sèche rechercher systématiquement la crevette de tas *Penaeus indicus* les jours de pluies et les jours suivants.

- Protection des jeunes recrues :

. Fermeture de la pêche pendant une durée courte, un mois et demi ou deux mois (en janvier-février), généralisée à l'ensemble des zones de pêche¹.

- Diminution des captures de "faux poisson" :

Nous avons indiqué précédemment que ce qui est appelé couramment "faux poisson" pouvait représenter jusqu'à 70% des prises ; les individus capturés sont presque tous à un stade juvénile et sont rejetés à la mer puisque non commercialisables. Leur pêche est donc parfaitement irrationnelle.

Sur la côte ouest américaine, on s'est déjà heurté à ce problème et l'on a essayé de construire un chalut sélectif qui permet aux poissons de s'échapper, mais retient les crevettes. Le principe repose sur l'installation d'un filet sélectif à l'entrée du chalut dont la grandeur des mailles permet aux crevettes de pénétrer à l'intérieur du chalut tandis que les jeunes alevins et les autres poissons sont dirigés vers deux sortes de sas par lesquels ils peuvent s'échapper. Des expériences similaires ont été effectuées en Norvège récemment sur différents types de chaluts à crevettes. Nous ne pouvons préjuger de l'effet qu'aurait un tel filet sélectif (à maille de 60 à 90 mm) sur les chaluts employés par la pêcherie industrielle crevetteière malgache, mais pensons que des essais devraient avoir lieu pour mettre au point une méthode de pêche basée sur ce principe.

- Utilisation du "faux poisson" et des têtes de crevettes :

Comme l'ont montré les essais de D.FRONTIER (1973), on peut envisager d'utiliser le "faux poisson" et les têtes de crevettes pour la fabrication du nuoc-mam, à condition toutefois que les problèmes de commercialisation soient auparavant résolus.

¹ Et non plus seulement à celles situées au nord de Majunga.

bibliographie

- ABRAMSON (N.J.), 1971 - Computer programs for fish stock assessments. F.A.O. Fish. Tech. Pap. : 101.
- ABRAMSON (N.J.) et TOMLINSON (P.K.), 1972 - An application of yield models to a California ocean shrimp population. Fish. Bull., 70 (3) : 1021-1041.
- ALLEN (D.M.) et COSTELLO (T.J.), 1962 - The use of atkins-type tags on shrimp. U.S. Fish. Wildl. Serv., Circ. 161 : 88-89.
- BERRY (R.), 1967 - Dynamics of the Tortugas pink shrimp population. University of Rhode Island, Ph. D., Zoology : 160 p.
- BEVERTON (R.J.H.) et HOLT (S.J.), 1957 - On the dynamics of exploited fish population. Fish. Investig. series II, 19 : 533 p.
- BOEREMA (L.K.), 1961 - The panamian shrimp resources. F.A.O. Report N°1423 - PAN/TE/FI.
- BOEREMA (L.K.), 1969 - The shrimp resources in the Gulf between Iran and the arabian peninsula. F.A.O. Fish. Circ. 310 : 29 p.
- BOEREMA (L.K.), 1972 - Provisional note on shrimp assessment and management. F.A.O. Provisional Paper.
- CADIMA (E.) et al., 1972 - La pesqueria de camarones en occidente de Venezuela. Proyecto de Investigacion y Desarrollo Pesquero. M.A.C., PNUD, FAO, Informe Technico, 52 : 47 p.
- CASSIE (R.M.), 1954 - Some uses of probability paper in the analysis of size frequency distributions. Aust. J. Mar. Freshw. Res., 5 : 513-522.
- CHABANNE (J.) et PLANTE (R.), 1970 - La pêche au chalut des crevettes penaeides sur la côte ouest de Madagascar. Méthodes utilisées dans l'étude de la pêcherie. Doc. Scient. Centre ORSTOM Nosy-Bé, 14 : 15 p.
- CHABANNE (J.) et PLANTE (R.), 1971a- Etude des rendements de la pêche au chalut des crevettes penaeides sur la côte nord-ouest de Madagascar de 1966 à 1970. Doc. Scient. Centre ORSTOM Nosy-Bé, 23 : 20 p.
- CHABANNE (J.) et PLANTE (R.), 1971b- Analyse des échantillons de pêches industrielles de crevettes de la côte ouest de Madagascar. Cah. O.R.S.T.O.M sér. Océanogr., 9 (3) : 363-374.
- CHABANNE (J.) et PLANTE (R.), 1972 - Quelques données biologiques sur les pénéides de la côte nord-ouest de Madagascar, à partir des échantillons des prises commerciales. Archives Centre ORSTOM Nosy-Bé, 3 : 33 p. mult.
- COSTELLO (T.J.) et ALLEN (D.M.), 1959 - Notes on the migrations and growth of pink shrimp *Penaeus duorarum*. Proc. Gulf & Fish. Inst. 12th annual session : 5-9.

- COSTELLO (T.J.) et ALLEN (D.M.), 1968 - Mortality rates in population of pink shrimp *Penaeus duorarum* on the Sanibel and Tortugas grounds, Florida. U.S. Fish & Wildl. Serv. Bull. 66 (3) : 491-502.
- COSTELLO (T.J.) et ALLEN (D.M.), 1970 - Synopsis of biological data on the pink shrimp *Penaeus duorarum duorarum* Burkenroad 1939. F.A.O. Fish. Rep. 57 (4) : 1499-1537.
- CROSNIER (A.), 1965 - Les crevettes penaeides du plateau continental malgache. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr. supplément Vol.3 (3) : 157 p.
- CROSNIER (A.) et BERRIT (G.R.), 1966 - Fonds de pêche le long des côtes du Dahomey et du Togo. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr. supplément vol.4 (1) : 144 p.
- CROSNIER (A.) et BONDY (de E.), 1967 - Les crevettes commercialisables de la côte ouest de l'Afrique intertropicale. Init. doc. techn. O.R.S.T.O.M. 7 : 66 p.
- DAGET (J.), 1972 - Lois de croissance linéaire et pondérale. Mortalité, structures démographiques. Modèles linéaires de Schaefer et modèles exponentiels de Fox. Doc. Scient. Centre O.R.S.T.O.M. Pointe-Noire, NS 28, 57 p. mult.
- DAGET (J.) et LE GUEN (J.C.), 1974 - Remarques sur l'interprétation des modèles linéaires et exponentiels de production équilibrée d'un stock de poissons. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr., 12 (1) : 71-77.
- DAGET (J.) et LE GUEN (J.C.), 1975 - Les critères d'âge chez les poissons. In : Problèmes d'écologie - La démographie des populations de vertébrés. Masson ed. Paris : 253-289.
- ELLIS (R.W.), 1975 - An analysis of the state of the shrimp stocks in the Gulf between Iran and the Arabian Peninsula. F.A.O.-IOFC/75/ing. 10.
- F.A.O., 1973 - Rapport de la première session du groupe de travail spécial de la commission des pêches de l'Océan Indien sur l'évaluation des stocks de crevettes dans la zone de l'Océan Indien, Manama, Bahrein, 29 novembre - 2 décembre 1971 : 44 p.
- FONTENEAU (A.) et BOUILLON (P.), 1971 - Analyse des rendements des chalutiers ivoiriens. Définition d'un effort de pêche. Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, 2 (1-2) : 1-10.
- FONTENEAU (A.) et LENARTZ (W.H.), 1973 - Cohort analysis for the eastern Atlantic fishery for yellowfin tuna. ICCAT, SCRS/73/64.
- FOX (W.W.) Jr., 1970 - An exponential surplus yield model for optimizing exploited fish populations. Trans. Amer. Fish. Soc., 99 (1) : 80-88.
- FOX (W.W.) Jr., 1975 - Fitting the generalized stock production model by least square and equilibrium approximation. Fish. Bull. (U.S.), 73 (1).
- FRONTIER (A.D.), 1973 - Note préliminaire sur un essai de fabrication artisanale de nuoc-mam à partir des résidus de l'industrie crevettière. Doc. Scient. Centre O.R.S.T.O.M. Nosy-Bé, 39 : 21 p.
- FRONTIER (S.), 1974 - Contribution à la connaissance d'un écosystème néritique tropical. Etude descriptive et statistique du peuplement zooplanctonique de la région de Nosy-Bé (Madagascar). Thèse de Doctorat d'Etat. Université Aix-Marseille : 268 p.
- GARCIA (S.), PETIT (P.) et TROADEC (J.P.), 1970 - Biologie de *Penaeus duorarum* (Burkenroad) en Côte d'Ivoire. Croissance. Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, 1 (2) : 17-48.

- GARCIA (S.) et FONTENEAU (A.), 1971 - La pêche à la crevette en Côte d'Ivoire. Bilan 1969-1970 et perspectives. *La Pêche Maritime*, n°1120 : 590-593.
- GARCIA (S.), 1972 - Biologie de *Penaeus duorarum* en Côte d'Ivoire. II - Ponte et migration. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 3 (1) : 19-45.
- GARCIA (S.), 1973 - Marquages de *Penaeus duorarum* en Côte d'Ivoire. Résultats préliminaires : Taux de recapture, migration et croissance. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 4 (3) : 29-48.
- GARCIA (S.), FONTENEAU (A.) et PETIT (P.), 1973 - Biologie de *Penaeus duorarum* en Côte d'Ivoire. III - Etude des variations quotidiennes des rendements et de leur relation avec l'hydroclimat. Essai de généralisation au golfe de Guinée. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 4 (2) : 71-104.
- GARCIA (S.), 1974 - Biologie de *Penaeus duorarum notialis* en Côte d'Ivoire. IV - Relations entre la répartition et les conditions du milieu. Etude des variations du sex-ratio. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 5 (3-4) : 1-39.
- GARCIA (S.), 1976 - Biologie et dynamique des populations de crevettes roses (*Penaeus duorarum notialis* Perez Farfante 1967) en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat d'Etat : Université d'Aix-Marseille, 237 p.
- GRAHAM (H.), 1935 - Modern theory of exploiting a fishery, an application to North sea trawling. *J. Cons.*, 10 (3) : 264-274.
- GRAHAM (M.), 1956 - Sea fisheries. Their investigation in the United Kingdom. Edward Arnold (London), 488 p.
- GULLAND (J.A.), 1968 - The concept of the maximum sustainable yield and fishery management. *F.A.O. Fish. Tech. Pap.*, 70 : 1-13.
- GULLAND (J.A.), 1969a- Manuel des méthodes d'évaluation des stocks d'animaux aquatiques. Première partie : Analyse des populations. *Manuel FAO de Sciences Halieutiques*, 4 - FRS/MA : 160 p.
- GULLAND (J.A.), 1969b- Fisheries management and the limitation of fishing. *FAO, Tech. Pap.*, 92 : 1-13.
- GULLAND (J.A.), 1972 - Some introductory guidelines to management of shrimp fisheries. *F.A.O.-IOFC/DEV/72/24*.
- GULLAND (J.A.), 1974 - Guidelines for fishery management. *F.A.O.-IOFC/DEV/74/36*
- GUNTER (G.) et HILDEBRANDT (H.), 1953 - The relation of total rainfall in the state and catch of the marine shrimp (*Penaeus setiferus*) in Texas waters. *Bull. Mar. Gulf & Caribb.*, 4 (2) : 95-103.
- GUNTER (G.) et EDWARDS (J.C.), 1969 - The relation of rainfall and water drainage to the production of the penaeid shrimp *Penaeus fluviatilis* (Say) and *Penaeus aztecus* (Ives) in Texas and Louisiana waters. *F.A.O. Fish. Rep.*, 57 (3) : 875-892.
- HAYASI (S.), HONNA (M.) et SUZUKI (Z.), 1972 - A comment to rational utilisation of yellow tuna and albacore stocks in the Atlantic Ocean. *Bull. Far Seas Fish. Res. Lab.* N°7.
- HILDEBRANDT (H.H.) et GUNTER (G.), 1953 - Correlation of rainfall with Texas catch of white shrimp *Penaeus setiferus* (L.). *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 82 : 151-155.

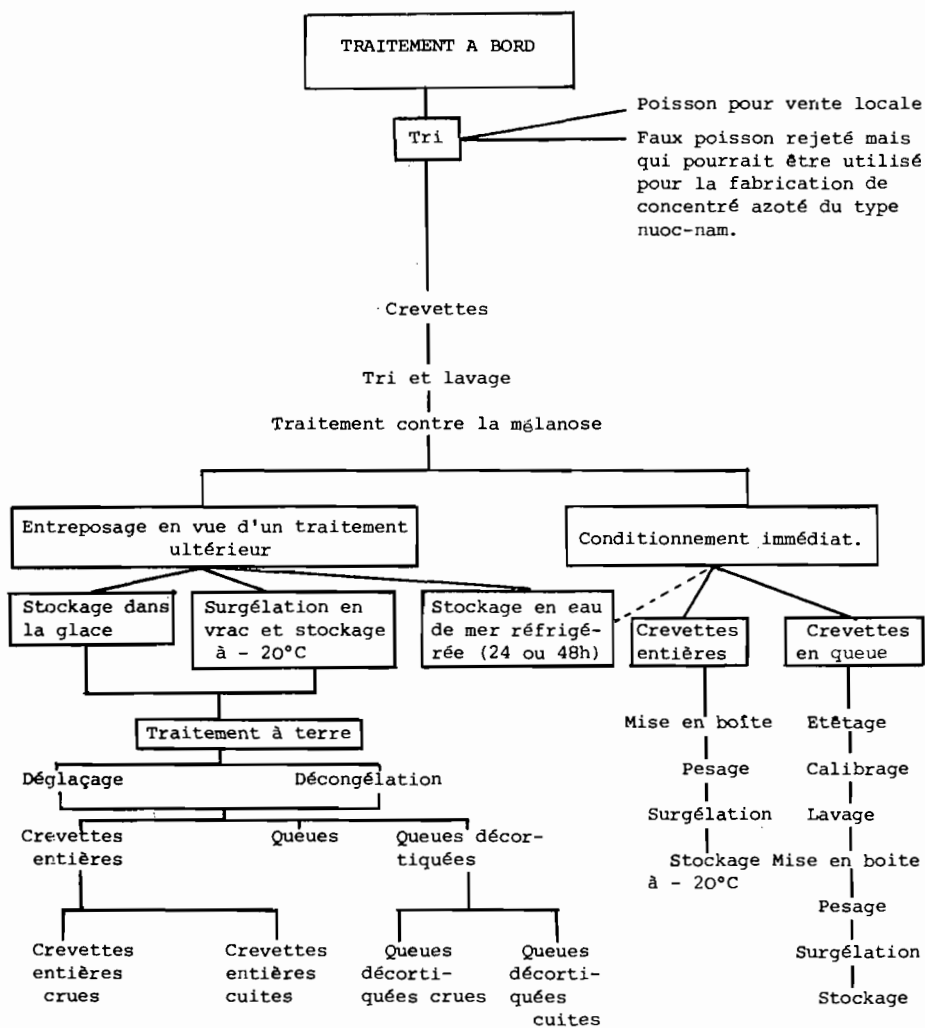
- HONNA (M.), 1973 - Calculation of yield per recruit and relative stock fecundity for fish populations with age dependant natural mortality. Bull. Far Seas Fish. Res. Lab., 9 : 177-199.
- HYND (J.S.), 1974 - Biologist's view of prawn fisheries management. Australian Fisheries, vol.33, n°1 :
- JOSEPH (K.M.), 1971 - Crustacean fisheries of the west coast of India. Indian Ocean Fishery Commission DEV/71/21 : 23 p.
- JOUANNIC (C.), 1973 - Contribution à l'étude bathymétrique et sédimentologique du plateau continental du nord-ouest de Madagascar. Thèse 3ème cycle géologie sous-marine, Paris VI, 82 p. multigr.
- KEISER (R.K.) et RICHARD (K.) Jr., 1971 - An appraisal of the shrimp resource of the Guatemalan Pacific Coast. Proyecto Region Desarrollo Pesq. en Centro America. Bol. Tecn. Vol.3 : 17 p.
- KEISER (R.K.), 1974 - An appraisal of the shrimp resource of the Guatemalan Pacific Coast. F.A.O. FIR : SR/74/NR6 : 35 p.
- KURATA (H.), 1962 - Studies on age and growth of crustacea. Bull. Hokkaido reg. Fish. Res. Lab. 24 : 115 p.
- KUTKUHN (J.), 1966 - Dynamics of a penaeid shrimp population and management implications. U.S. Fish. & Wild. Serv. Fish. Bull., 85 (2) : 313-338.
- LE GUEN (J.C.), 1971 - Dynamique des populations de *Pseudotolithus (fonticulus) elongatus* (Bowd.1825). Poissons - Sciaenidae. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr., 9 (1) : 3-84.
- LE GUEN (J.C.), 1972 - Stocks, échantillonnage, effort de pêche, puissance de pêche. Extrait du cours de dynamique des populations. D.E.A. d'Océanographie biologique 1971-1972. Université de Bretagne occidentale. Doc. Scient. Centre O.R.S.T.O.M. Pointe-Noire, 22 : 52 p.
- LE GUEN (J.C.) et WISE (J.P.), 1967 - Méthode nouvelle d'application du modèle de Schaefer aux populations exploitées d'albacores dans l'Atlantique. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr., 5 (2) : 79-93.
- LE RESTE (L.), 1971 - Rythme saisonnier de la reproduction, migration et croissance des postlarves et des jeunes chez la crevette *Penaeus indicus* H.Milne Edwards de la baie d'Ambaro (côte nord-ouest de Madagascar). Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr., 9 (3) : 279-292.
- LE RESTE (L.), 1973a - Etude de la répartition spatio-temporelle des larves et des jeunes postlarves de la crevette *Penaeus indicus* H.Milne Edwards en baie d'Ambaro (côte nord-ouest de Madagascar). Contribution à l'étude d'une baie eutrophique tropicale. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr., 11 (2) : 179-189.
- LE RESTE (L.), 1973b - Etude du recrutement de la crevette *Penaeus indicus* H.Milne Edwards dans la région de Nosy-Bé (côte nord-ouest de Madagascar). Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr., 11 (2) : 171-178.
- LE RESTE (L.) et MARCILLE (J.), 1973 - Réflexions sur les possibilités d'aménagement de la pêche crevettière à Madagascar. Bull. Madagascar, 320 : 15 p.
- LE RESTE (L.), MARCILLE (J.) et BARBE (F.), 1974 - Biométrie de quelques crevettes penaeïdes à Madagascar : *Penaeus indicus*, *Penaeus semisulcatus*, *Penaeus japonicus*; *Metapenaeus monoceros*. Doc. Scient. Centre ORSTOM Nosy-Bé, 46 : 29 p.

- LE RESTE (L.) et MARCILLE (J.), 1974 - Données concernant les marquages de crevettes (*Penaeus indicus* et *Metapenaeus monoceros*) le long de la côte nord-ouest de Madagascar. Archives Mission O.R.S.T.O.M. de Nosy-Bé n°20 : 12 p.
- LE RESTE (L.) et MARCILLE (J.), 1976a - Biologie de la crevette *Penaeus indicus* H.Milne Edwards à Madagascar : croissance, recrutement, migration, reproduction, mortalité. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr., 14 (2) : 109-127.
- LE RESTE (L.) et MARCILLE (J.), 1976b - Biologie de la crevette *Metapenaeus monoceros* (Fabricius) à Madagascar. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr., 14 (3) :
- LOTKA (A.J.), 1925 - Elements of physical biology. Williams and Wilkins Co., Baltimore, 460 p.
- LUCAS (C.), YOUNG (P.C.) et BRUNDRITT (J.K.), 1972 - Preliminary mortality rates of marked king prawns *Penaeus plebejus*, in laboratory tanks. Aust. J. Mar. Freshw. Res., 23 : 143-149.
- LUCAS (C.), 1974 - Preliminary estimates of the king prawn, *Penaeus plebejus* in South-East Queensland. Aust. J. Mar. Freshw. Res., 25 : 35-47.
- LUCAS (C.), 1975a - A method for estimating mortality rates from Tag Recoveries when fishing is not constant. Aust. J. Mar. Freshw. Res., 26 : 75-79.
- LUCAS (C.), 1975b - Does it pay to catch small prawns ? Australian Fisheries, Vol.34, n°1 :
- MARCILLE (J.), 1972 - Les stocks de crevettes penaeides côtières malgaches. Doc. Scient. Centre O.R.S.T.O.M. Nosy-Bé, 25 : 24 p.
- MARCILLE (J.), 1973 - Prospection crevettière effectuée en baie d'Antongil par le N.O. "VAUBAN" du 2 au 6 avril 1973. Archives Centre O.R.S.T.O.M. Nosy-Bé, 11, 6 p. mult.
- MARCILLE (J.) et VEILLON (P.), 1973 - La pêche crevettière à Madagascar de 1967 à 1972. Evolution des stocks. Doc. Scient. Centre O.R.S.T.O.M. Nosy-Bé, 35 : 28 p.
- MARCILLE (J.) et STEQUERT (B.), 1974 - La pêche crevettière à Madagascar en 1973. Evolution des stocks et pourcentage des différentes espèces dans les captures. Doc. Scient. Centre O.R.S.T.O.M. Nosy-Bé, 43 : 40 p.
- MOHAMED (K.H.), 1971 - Synopsis of biological data on the Indian prawn *Penaeus indicus* H.Milne Edwards 1837. F.A.O. Fish. Synopsis, n°94 : 1267-1288
- NAIDU (K.S.) et BOEREMA (L.K.), 1972 - The high sea shrimp resources off the Guyanas and Northern Brazil. F.A.O.-FIRS/C 141 : 18 p.
- PECKHAM (C.J.) et PATTERSON (P.H.), 1974 - International Trade-shrimp. F.A.O.-IOFC/DV/74/40 : 31-64.
- PELLA (J.J.) et TOMLINSON (P.K.), 1969 - A generalized stock production model. IAMTC Bull., 13 (3) : 421-452.
- PITON (B.) et MAGNIER (Y.), 1971 - Les régimes hydrologiques de la baie d'Ambaro (Madagascar). Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr., 9 (2) : 149-166
- RAKOTOVAHINY (E.), 1971 - Pêche crevettière à Madagascar. Bull. Madagascar, 301 : 525-538.
- RALISON (A.), 1971 - Note sur le stock de crevettes de la côte nord-ouest malgache. Bull. Madagascar, 307 : 952-967.

- RICKER (W.E.), 1958 - Handbook of computations for biological statistics of fish populations. Fish. Res. Canada, Bull. 119 : 300 p.
- RICKER (W.E.), 1975 - Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Bd. Canada, 191 : 382 p.
- ROBSON (D.S.), 1966 - Estimation of the relative fishing power of individual ships. I.C.N.A.F. Res. Bull., 3 : 5-14.
- RUELLO (N.V.), 1973 - The influence of rainfall on the distribution and abundance of the school prawn *Metapenaeus macleayi* in the HUNTER river region (Australia). Mar. biol., 23 (3) : 221-228.
- SCHAEFER (M.B.), 1954 - Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. IATTC, Bull., 1 (2) : 56 p.
- SCHAEFER (M.B.), 1957 - A study of the dynamics of the fishery for yellowfin tuna in the eastern tropical Pacific Ocean. IATTC Bull., 2 (6) : 245-285.
- TOMLINSON (P.K.), 1970 - A generalization of the Murphy catch equation. J.Fish. Res. Bd. Canada, 27 (5) : 821-825.
- VEILLON (P.), 1973 - Analyse des effets de la fermeture de la pêche crevettière décidée, dans certaines zones de Madagascar, du 15 décembre 1972 au 15 février 1973. Doc. Scient. Centre O.R.S.T.O.M. Nosy-Bé, 37 : 16 p.
- VINCENT-CUAZ (L.), 1964 - Observations crevettières effectuées en 1964 à Madagascar. Campagne du "CHIDORIGO". Direction des Pêches Maritimes - Ministère de l'Agriculture de Madagascar - Tananarive, 34 p.
- VOLTERRA (V.), 1926 - Variazioni e fluttuazioni del numero d'individui in specie animali conviventi. Mem. R. Acad. Naz. dei Lincei. Ser. VI, Vol.2.

ANNEXE I

ORGANIGRAMME DU TRAITEMENT DES PRODUITS DE LA PECHE



ANNEXE II

MODELE GENERALISE DE PRODUCTION

Ce modèle a été proposé par PELLA et TOMLINSON (1969)

Partons de l'équation donnée par Schaefer :

$$\frac{dP}{dt} = K_1 P (L-P) - K_2 Pf = -K_1 P^2 + K_1 LP - K_2 Pf.$$

Cette équation est une forme particulière de l'équation plus générale

$$\frac{dP}{dt} = K_1 P^m + K_1 LP - K_2 Pf \quad \text{dans laquelle } m = 2$$

équation écrite par PELLA et TOMLINSON sous la forme

$$\frac{dP}{dt} = HP^m - KP - qf P$$

où P est la taille de la population (en poids) ; f l'effort de pêche standard tel qu'il soit proportionnel au taux instantané de mortalité par la pêche, q étant cette constante de proportionnalité et H, K, m des paramètres constants.

A l'équilibre nous obtenons :

$$P^{m-1} = (K/H) + (q/H) f$$

$$\text{ou } U^{m-1} = (Kq^{m-1}/H) + (q^m/H) f$$

$$\text{et } U = \frac{(a+bf)1}{m-1}$$

U est la prise par unité d'effort.

Fox dans son programme PRODFIT (FOX, 1975) effectue un ajustement du modèle généralisé de production par la méthode des moindres carrés. Les valeurs qui nous intéressent sont :

$$U_{\text{Max}} = (a) \frac{1}{m-1}$$

$$U_{\text{opt}} = (a/m) \frac{1}{m-1}$$

$$f_{\text{opt}} = (a/b) (1/m-1)$$

$$Y_{\text{Max}} = a/b (1/m-1) (a/m) \frac{1}{m-1}$$

ou U_{max} est la densité relative de la population avant l'exploitation

U_{opt} est la densité relative de la population pour laquelle on obtient le maximum de production

f_{opt} est l'effort de pêche pour lequel est obtenue la production maximum

Y_{max} est la production maximum.

ANNEXE III

ANALYSE DES COHORTES

Soit :

- N_i : Nombre d'individus de la cohorte au temps i (borne)
 M_i : Taux instantané de mortalité naturelle (intervalle)
 F_i : Taux instantané de mortalité par pêche (intervalle)
 Z_i : Taux instantané de mortalité totale ($Z_i = F_i + M_i$)
 C_i : Nombre d'individus capturés durant l'intervalle i à $i+1$
 R_i : Rapport des prises de deux intervalles successifs

$$R_i = \frac{C_i + 1}{C_i}$$

E_i : Taux d'exploitation dans l'intervalle i à $i+1$

Les relations simples qui existent entre ces différents paramètres sont à la base de l'analyse des cohortes.

- (1) $N_{i+1} = N_i \times e^{-(F_i+M_i)}$
- (2) $C_i = N_i \times E_i$
- (3) $E_i = \frac{F_i}{F_i+M_i} \times (1 - e^{-(F_i + M_i)})$
- (4) $E_{i-1} \times e^{(F_{i-1} + M_{i-1})} = \frac{E_i}{R}$
- (5) $E_{i-1} \times e^{(F_{i-1} + M_{i-1})} = \frac{F_{i-1}}{F_{i-1} + M_{i-1}} \times (e^{(F_{i-1}+M_{i-1})} - 1)$

ANNEXE IV

CAS GENERAL DE L'INTERACTION DE DEUX PECHERIES - FORMULATION DU MODELE -

La figure A résume ce que nous présentons ci-dessous, La première ligne (celle des temps) représente la vie de la cohorte entre sa naissance t_N et sa disparition t_M .

- Soit :
- t_r l'âge de recrutement
 - t_{c1} l'âge à la première capture dans la pêcherie 1
 - t_{L1} l'âge après lequel aucune capture n'est effectuée dans la pêcherie 1
 - t_{c2} l'âge à la première capture dans la pêcherie 2
 - t_{L2} l'âge après lequel aucune capture n'est effectuée dans la pêcherie 2
 - R le recrutement au moment t_r
 - M la mortalité naturelle (supposée ici constante)
 - F_1 la mortalité par pêche dans la phase 1
 - F_2 la mortalité par pêche dans la phase 2

La seconde ligne nous donne pour chaque intervalle de temps la mortalité totale. La troisième ligne indique le recrutement au début de chaque période où Z variera. Avant l'âge t_{c1} seule la mortalité naturelle est cause de diminution du stock. Entre t_{c1} et t_{c2} la pêcherie 1 provoque une mortalité additionnelle F_1 soit $Z = M + F_1$. Entre t_{c2} et t_{L1} les deux pêcheries 1 et 2 agissent donc $Z = M + F_1 + F_2$. Entre t_{L1} et t_{L2} seule la pêcherie 2 agit soit $Z = M + F_2$. En conséquence les valeurs de R_1, R'', R''' (nombre de recrues au début de chaque intervalle) seront données par les relations :

$$R' = R e^{-M(t_{c1}-t_r)}$$

$$R'' = R' e^{-(M+F_1)(t_{c2}-t_{c1})} = R e^{-M(t_{c1}-t_r)-(M+F_1)(t_{c2}-t_{c1})}$$

$$R''' = R'' e^{-(M+F_1+F_2)(t_{L1}-t_{c2})} = R e^{-M(t_{c1}-t_r)-(M+F_1)(t_{c2}-t_{c1})-(M+F_1+F_2)(t_{L1}-t_{c2})}$$

Les rendements obtenus dans chaque intervalle de temps pour chaque pêcherie sont donnés par :

- Pêcherie 1

$$Y_{11} = F_1 \cdot R' \omega^\infty \int_0^3 \frac{U_n e^{-nK(tc_1 - t_o)}}{F_1 + M + nK} (1 - e^{-(F_1 + M + nK)(tc_2 - tc_1)})$$

$$Y_{12} = F_1 \cdot R'' \omega^\infty \int_0^3 \frac{U_n e^{-nK(tc_2 - t_o)}}{F_1 + F_2 + nK} (1 - e^{-(F_1 + F_2 + M + nK)(tl_1 - tc_2)})$$

- Pêcherie 2

$$Y_{21} = F_2 \cdot R'' \omega^\infty \int_0^3 \frac{U_n e^{-nK(tc_2 - t_o)}}{F_1 + F_2 + M + nK} (1 - e^{-(F_1 + F_2 + M + nK)(tl_1 - tc_2)})$$

$$Y_{22} = F_2 \cdot R''' \omega^\infty \int_0^3 \frac{U_n e^{-nK(tl_1 - t_o)}}{F_2 + M + nK} (1 - e^{-(F_2 + M + nK)(tl_2 - tl_1)})$$

Les productions des pêcheries 1 et 2 sont données par :

$$Y_{(1)} = Y_{11} + Y_{12}$$

$$Y_{(2)} = Y_{21} + Y_{22}$$

et la production totale par :

$$Y_T = Y_{(1)} + Y_{(2)}$$

Dans le cas particulier où les deux pêcheries ne se chevauchent pas le schéma est donné figure B ; le modèle utilisé est un peu plus simple :

$$R' = R e^{-M(tc_1 - t_r)}$$

$$R'' = R' e^{-(M + F_1)(tl_1 - tc_1)}$$

$$R''' = R'' e^{-M(tc_2 - tl_1)}$$

et nous obtenons

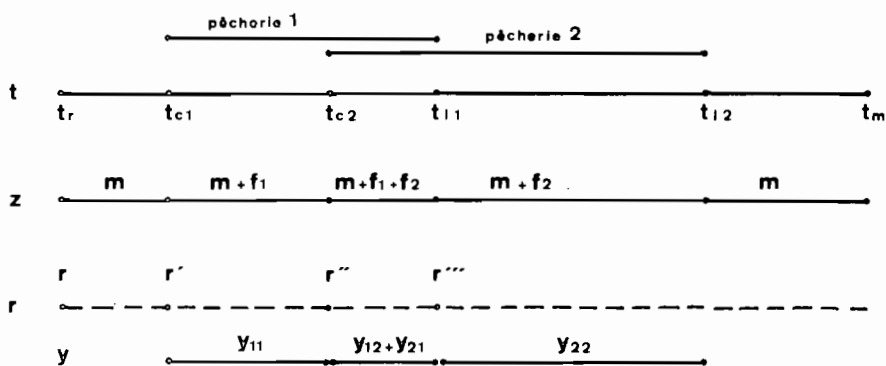
- Pêcherie 1 :

$$Y_1 = F_1 R' \omega^\infty \int_0^3 \frac{U_n e^{-nK(tc_1 - t_o)}}{F_1 + M + nK} (1 - e^{-(F_1 + M + nK)(tl_1 - tc_1)})$$

- Pêcherie 2 :

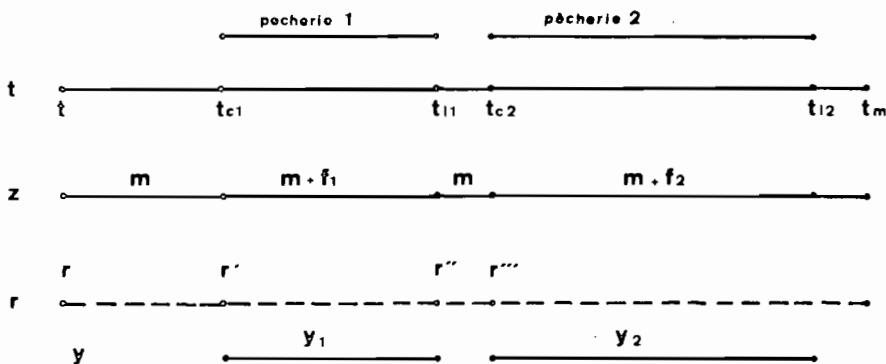
$$Y_2 = F_2 R''' \omega \sum_0^3 \frac{U_n e^{-nK(tc_2 - t_0)}}{F_2 + M + nK} (1 - e^{-(F_2 + M + nK)(t_{l_2} - tc_2)})$$

La production totale étant $Y_T = Y_1 + Y_2$



- A - SCHEMA DE L'ACTION DE DEUX PECHERIES SUR UN MEME STOCK, LORSQU'IL Y A RECOUVREMENT.

- t : échelle de temps
- z : mortalité correspondante
- r : nombre de recrues
- y : échelle des rendements



- B - SCHEMA DE L'ACTION DE DEUX PECHERIES SUR UN MEME STOCK LORSQU'IL N'Y A PAS RECOUVREMENT.

ANNEXE V

RELATIONS BIOMETRIQUES UTILISEES (Extrait de Le Reste, Marcille et Barbe, 1974)

Symboles

LC : Longueur céphalothoracique (mm)
 LQ : Longueur de queue (mm)
 PQ : Poids de la queue (g)
 LT : Longueur totale (mm)
 P : Poids total (g)

		r	
<u>1 - <i>Penaeus indicus</i></u>			
Femelles	{	LT = 3,3750 LC + 32,8093	0,993
		LQ = 2,2923 LC + 12,0963	0,993
		log PQ = 2,588 log LC - 2,7635	0,994
		log PQ = 3,4792 log LT - 6,3549	0,996
		PQ = 0,5903 P + 0,0137	0,995
Mâles ..	{	LT = 4,0917 LC + 18,6416	0,989
		LQ = 2,8919 LC + 0,7123	0,991
		log PQ = 2,7716 log LC - 2,9656	0,994
		log PQ = 3,2984 log LT - 5,9652	0,996
		PQ = 0,6313 P - 0,1057	0,999
<u>2 - <i>Penaeus semisulcatus</i></u>			
Femelles	{	LT = 3,8241 LC + 15,9805	0,996
		LQ = 2,5228 LC + 9,2002	0,991
		log PQ = 2,6991 log LC - 2,8545	0,995
		log PQ = 3,0622 log LT - 5,3567	0,997
		PQ = 0,6328 P + 0,0240	0,997
Mâles ..	{	LT = 4,3085 LC + 6,9263	0,998
		LQ = 2,8911 LC + 4,0257	0,997
		log PQ = 2,8433 log LC - 3,0415	0,995
		log PQ = 3,0334 log LT - 5,3165	0,997
		PQ = 0,6328 P + 0,0240	0,997
<u>3 - <i>Metapenaeus monoceros</i></u>			
Femelles	{	LT = 3,4200 LC + 19,2339	0,994
		LQ = 2,1060 LC + 11,8182	0,985
		log PQ = 2,9612 log LC - 2,6813	0,995
		log PQ = 2,9812 log LT - 5,2727	0,996
		PQ = 0,5497 P + 0,3294	0,993
Mâles ..	{	LT = 3,9463 LC + 10,3339	0,995
		LQ = 2,6107 LC + 4,6985	0,994
		log PQ = 2,6911 log LC - 2,9639	0,993
		log PQ = 3,0083 log LT - 5,3340	0,994
		PQ = 0,6558 P - 0,1509	0,988

ANNEXE VI

ZONE	ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
1	1967						7					9		16
	1968	3	14	10	19	10	68	1	19	19		1	4	168
	1969	2	2	4	26	8	41	112	137	15	2	2		351
	1970	21	114	111	113	141	143	56	62	29	17	13	8	828
	1971	23	180	221	96	249	226	64	82	37	29	33	24	1264
	1972	54	265	259	193	364	131	58	68	47	42	34	12	1527
	1973		105	284	330	154	148	150	113	64	48	37		1433
	1974		215	169	157	115	91	107	112	114	76	51	32	1239
	1975			329	192	180	129	98	70	43	26	21	91	1179
2	1967			25	52	139	111	76			85	8		496
	1968	73	51	127	181	67	76	10	3	51	36	28	26	729
	1969	94	135	150	136	113	30	12	24	35	1	1	48	779
	1970	201	117	79	68	23	68	18		18	32	1	30	655
	1971	67	98	50	193	33	7	6	37	16	24	5	61	597
	1972	66	127	129	109	44	21	82	58	27	14	3		680
	1973		167	69	115	73	11	44	23	11	15	2		530
	1974		158	102	122	89	71	57	16	39	51	15	2	722
	1975			355	106	122	36	48	42	19	13	3	5	749
3	1968		3			2							17	22
	1969	2		21	6	3	36	50	1					119
	1970		2	83	85	230	7					2		409
	1971	1	45	110	17	61	79	21			8	1	12	355
	1972	45	6	51	87	64	4	3	5	17	5			287
	1973		36	136	69	37	2	2	3					285
	1974		76	86	24	19	8				1	1	25	240
	1975			147	47	9	69	1	2					278
4	1967	4								16		1		21
	1968	23	32	8			17	70		3	7	1		161
	1969	3	20		26	43	90	32				11	41	266
	1970	41	56	59	69	31	1				8	3	17	285
	1971	34	90	108	31	6	43		2		2	10	17	343
	1972	25	104	147	30	16			2	9	9	6		348
	1973		20	79	4	3	15	52	4	21	14	17	22	251
	1974	17	28	27	3	6	10	14	13	22	25	12	17	194
1975	7	31	135	22	6	24	41	6	15	8	11	8	314	

TABLEAU a - Captures totales mensuelles dans les zones 1 à 4 de la pêche industrielle crevettière (en tonnes de crevettes entières) - Année 1967 à 1975.

ANNEXE VI

ZONE	ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
5	1967	19	13	3	1	1	1	7	27	26	4	11	4	117
	1968	9	48			13	10	33	45	23	13	15	17	224
	1969	14					6	3		12	5	15	9	64
	1970			1			34		189			76		300
	1971	42	9	48	49	83	109	63	36	24	20	28	35	546
	1972	118	34	53	52	97	97	97	45	32	41	42	39	747
	1973	109	108	120	102	81	91	42	44	53	38	39	59	886
	1974	82	25	101	54	70	41	68	41	33	24	36	39	614
	1975	90	96	84	50	55	113	63	33	38	34	12	42	710
6	1967						12	6	41	20		10	37	126
	1968					2		13	23	2		12	20	72
	1969									5	27	29	4	65
	1970			1			41		398			130		570
	1971	2		4	4	18	121	304	173	146	93	65	13	943
	1972	21	9	4	17	37	361	189	119	108	77	74	35	1051
	1973	25	147	90	75	161	149	143	157	97	58	32	39	1173
	1974	74	49	43	96	105	99	105	122	62	49	31	33	868
	1975	74	85	1	122	142	47	69	90	103	63	48	28	872
7	1971				1	8					1		36	46
	1972						7	12	5	3	10	18	55	
	1973	65	11	10			2	26	12	10	44	50	230	
	1974	67	32		21	101	102	60	68	46	12	16	32	557
	1975	86	61	1	54	23	17	36	53	58	32	33	52	506
8	1975	20	5		26	64	21	8		1		3	2	150
1 à 8	1967	24	14	28	54	140	132	89	67	61	88	39	41	777
	1968	106	148	145	200	94	166	127	90	98	56	57	84	1376
	1969	115	152	175	194	168	203	209	162	66	35	58	103	1644
	1970	264	289	334	335	425	294		770			337		3048
	1971	169	422	541	391	458	585	458	330	223	177	142	198	4094
	1972	329	545	643	488	622	614	436	309	245	191	169	104	4695
	1973	199	594	788	695	505	416	436	369	258	183	171	170	4784
	1974	240	583	538	477	505	414	419	372	316	238	162	180	4444
	1975	277	278	1052	619	601	456	364	296	277	176	131	231	4758

TABLEAU b - Captures totales mensuelles dans les zones 5 à 8 et toutes zones de la pêche industrielle crevettière (en tonnes de crevettes entières) - Années 1967 à 1975.

ZONE	ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
1	1967						26					342		368
	1968	35	121	95	113	352	466	49	271	226	0	100	276	2104
	1969	151	47	62	205	216	460	619	1005	231	146	215	38	3395
	1970		1600			4700			1700			1000		9000
	1971		5250			11718			6030			4770		27768
	1972	1792	6743	5497	2587	7440	6448	2616	3065	2618	2777	2402	902	44887
	1973	0	780	2835	4038	3552	3977	4621	4374	2911	3081	2144	0	32313
	1974		3234	2979	3890	3448	3047	2694	3247	3867	3839	3812	2223	36280
	1975			5385	3735	3971	4185	3323	3141	1985	1815	1541	808	29889
2	1967			53	271	600	516	668			1340	280		3735
	1968	815	172	798	750	927	492	284	53	166	878	277	254	5866
	1969	904	718	408	236	230	119	81	70	388	121	59	379	3713
	1970	757	539	499	334	85	653	157	0	125	627	77	672	4525
	1971	1519	589	267	1065	667	76	119	780	528	1456	404	985	9454
	1972	1362	2169	979	964	633	243	1123	1565	1514	963	304		11819
	1973		2190	828	981	1870	414	1294	784	553	924	93		9931
	1974		3500	2851	2310	1371	1642	1612	527	1172	2056	858	92	17991
	1975			5376	1962	3032	859	1080	2428	729	718	188	284	16656
3	1968		8			24							236	268
	1969	68	124		4	7	46	216	6	10	14	6	7	508
	1970	5	192	332	601	196	10	0	0	0	2	66	38	1442
	1971	26	406	644	152	321	369	174	35	9	203	109	506	2954
	1972	1692	130	374	1171	478	70	130	104	463	153	23	0	4788
	1973	0	120	407	213	422	65	49	152	30	10	3	0	1471
	1974	0	929	1129	679	177	7	54	0	3	20	60	1131	4189
	1975			838	546	209	495	95	60	30	16	0	80	2369

TABLEAU c - Effort total mensuel en heures de chalutage normalisé
dans les zones 1 à 3 pour les années 1967 à 1975.

ZONE	ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
4	1967	55								243		66		364
	1968	336	404	132	0	16	216	344	13	123	149	86	18	1837
	1969	149	79	0	66	78	137	137	0	0	8	58	219	931
	1970		1134									1218		2861
	1971	704	894	693	476	231	313	29	72	0	179	535	961	5077
	1972	839	1679	1086	662	942	2	107	163	636	662	380	18	7176
	1973	0	130	510	202	98	939	1534	233	1145	866	849	1373	7879
	1974	895	571	1077	339	249	701	481	1016	1367	1279	1093	953	10021
	1975	448	1405	1070	473	298	491	1973	414	644	493	866	411	8986
5	1967	258	190	63	56	32	39	214	474	694	114	415	127	2676
	1968	193	562	0	0	267	250	742	845	748	339	566	370	4882
	1969	289	6	0	0	11	109	-56	7	286	174	447	261	1646
	1970		50				(547)		1957			2286		4840
	1971	1286	231	365	460	1227	1705	1267	1532	1069	1001	1893	1852	13888
	1972	3080	654	637	489	909	1129	3097	2526	2018	2668	2787	2626	22620
	1973	4745	2599	1320	1295	1748	2758	2306	1793	2375	2379	2516	4319	30152
	1974	4851	812	1991	2835	2993	1756	3430	2545	3051	2506	2976	2211	31957
	1975	5353	4787	710	997	1519	1863	2669	2777	2700	2434	1000	2592	29401
6	1967		12		9	14	349	228	970	604		373	1348	1907
	1968					75		239	598	53		374	352	1691
	1969									146	677	814	183	1820
	1970			62			445		4668			4120		9295
	1971	131		75	78	509	338	1232	3188	2672	4889	3874	830	17816
	1972	495	284	30	270	481	3334	6942	5711	6389	5161	4889	3072	37058
	1973	1580	4285	2888	2408	3842	5604	5829	6608	5266	4866	2300	3207	48683
	1974	3622	1787	1712	1896	3070	3581	4509	5617	4572	4746	2179	2054	39345
	1975	3201	3585		2502	3460	3694	3110	4497	4731	3655	2344	2091	36870

ANNEXE VI

TABLEAU d - Effort total mensuel en heures de chalutage normalisé dans les zones 4 à 6 et toutes zones pour les années 1967 à 1975.

ANNEXE VI

ZONE	ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
7	1971				45	230					35	48	1326	1684
	1972							214	728	335	302	876	1298	3753
	1973	2110	496	148	2	15	16	140	923	574	684	1983	2401	9492
	1974	2822	775		321	3010	3891	2346	3055	2842	895	1057	1369	22383
	1975	3958	2546	45	889	623	517	905	1674	1190	879	1631	2926	17783
8	1975	264	134	0	423	996	509	248		35		132	119	2860
1 à 8	1967	310	202	116	336	646	930	1110	1444	1559	1509	1483	1490	11050
	1968	1379	1267	1025	863	1661	1424	1658	1780	1316	1366	1403	1506	16648
	1969	1561	974	470	511	542	871	1109	1088	1061	1140	1599	1087	12013
	1970		5170			8071			8616			10106		31963
	1971		13080			19980			18736			26856		78642
	1972	9260	11663	8603	6143	10883	11226	14229	13862	13973	12686	11661	7914	132103
	1973	8435	10600	8936	9139	11547	13773	15773	14867	12854	12810	9888	11299	139921
	1974	12190	11608	11739	12270	14318	14625	15126	16007	16874	15341	12035	10033	162166
	1975	13224	12457	13449	11527	14108	12603	13403	14991	12044	10010	7702	9311	144829

TABLEAU e - Effort total mensuel en heures de chalutage normalisé dans les zones 7 à 8 et toutes zones pour les années 1967 à 1975.

ANNEE	ZONE							
	1	2	3	4	5	6	7	1 à 8
1967	43,5	132,8		57,7	43,7	32,2		70,3
1968	79,8	124,3	(82,0)	87,6	45,9	42,6		82,9
1969	100,4	209,3	234,2	285,7	38,9	35,7		136,0
1970	92,0	144,8	283,6	99,6	62,2	61,3		95,4
1971	45,5	63,1	120,2	67,5	39,4	53,0	27,3	52,0
1972	34,0	57,5	59,9	48,5	33,0	28,4	14,7	35,5
1973	44,3	53,4	193,7	31,9	29,4	24,1	24,2	34,2
1974	34,1	40,1	57,3	19,4	19,5	22,1	24,9	27,4
1975	39,4	44,9	117,3	34,9	24,1	23,7	28,5	32,3

TABLEAU f - Prise par unité d'effort en kg/heure normalisée dans les zones 1 à 7 et pour l'ensemble des zones 1 à 8.

ANNEXE VI

Les Editions de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer tendent à constituer une documentation scientifique de base sur les zones intertropicales et méditerranéennes, les pays qui en font partie et sur les problèmes posés par leur développement.

CAHIERS ORSTOM (séries périodiques)

- **biologie** : études consacrées à diverses branches de la biologie végétale et animale: agronomie, biologie et amélioration des plantes utiles, entomologie agricole, nématologie.
- **entomologie médicale et parasitologie** : systématique et biologie des arthropodes d'intérêt médical et vétérinaire, parasitologie, épidémiologie des grandes endémies tropicales, méthodes de lutte contre les vecteurs et les nuisances.
- **géologie** : pétrologie et cycles des éléments (géochimie) - hydrogéologie - altération et érosion - sédimentologie - stratigraphie - orogénèse continentale - métallogénèse - paléogéographie - structure et évolution des fonds océaniques.
- **hydrologie** : études, méthodes d'observation et d'exploitation des données concernant les cours d'eau intertropicaux et leurs régimes.
- **océanographie** : hydrologie, physico-chimie, hydrodynamique, écologie, caractérisation des chaînes alimentaires, niveaux de production, dynamique des stocks, prospection faunistique (Sud-ouest Pacifique, Canal de Mozambique et environs, Atlantique Tropical Est).
- **hydrobiologie** : physico-chimie, écologie, caractérisation des chaînes alimentaires, dynamique des stocks, action des insecticides sur la faune (Bassin Tchadien, Côte d'Ivoire).
- **pédologie** : problèmes soulevés par l'étude des sols : morphologie, caractérisation physico-chimique et minéralogique, classification, relations entre sols et géomorphologie, problèmes liés aux sels, à l'eau, à l'érosion, à la fertilité.
- **sciences humaines** : études géographiques, sociologiques, économiques, démographiques et ethnologiques.

MÉMOIRES ORSTOM : consacrés aux études approfondies (synthèses régionales, thèses...) dans les diverses disciplines scientifiques (87 titres parus).

ANNALES HYDROLOGIQUES : depuis 1959, deux séries sont consacrées : l'une, aux Etats africains d'expression française et à Madagascar, l'autre aux Territoires et Départements français d'Outre-Mer.

FAUNE TROPICALE : collection d'ouvrages principalement de systématique, pouvant couvrir tous les domaines géographiques où l'ORSTOM exerce ses activités (35 titres parus).

INITIATIONS/DOCUMENTATIONS TECHNIQUES : mises au point et synthèses au niveau, soit de l'enseignement supérieur, soit d'une vulgarisation scientifiquement sûre (82 titres parus).

TRAVAUX ET DOCUMENTS DE L'ORSTOM : cette collection, diverse dans ses aspects et ses possibilités de diffusion, a été conçue pour s'adapter à des textes scientifiques ou techniques très variés quant à leur origine, leur nature, leur portée dans le temps ou l'espace, ou par leur degré de spécialisation (66 titres parus).

Les études en matière de géophysique (gravimétrie, sismologie, magnétisme...) sont publiées, ainsi que certaines données (magnétisme) dans des séries spéciales : **GÉOPHYSIQUE** et **OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES**.

L'HOMME D'OUTRE-MER : cette collection, exclusivement consacrée aux sciences de l'homme, est réservée à des textes d'auteurs n'appartenant pas à l'ORSTOM, mais dont celui-ci assure la valeur scientifique (co-édition Berger-Levrault) (10 ouvrages parus).

De nombreuses **CARTES THÉMATIQUES**, accompagnées de **NOTICES**, sont éditées chaque année, intéressant des domaines scientifiques ou des régions géographiques très variées.

BULLETIN ANALYTIQUE D'ENTOMOLOGIE MÉDICALE ET VÉTÉRINAIRE (périodicité mensuelle ; ancienne dénomination jusqu'en 1970 : Bulletin signalétique d'entomologie médicale et vétérinaire) (XXV^e année).

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

Direction générale :

24, rue Bayard - 75008 PARIS

Service des Publications :

70-74, route d'Aulnay - 93140 BONDY

O.R.S.T.O.M. Éditeur
Dépôt légal : 4e trim. 1978
I.S.B.N. : 2-7099-0518-3