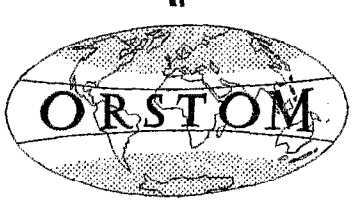
TRAVAUX ET DOCUMENTS DE L'O.R.S.T.O.M.

BIOLOGIE ET DYNAMIQUE DES POPULATIONS DE CREVETTES ROSES (*Penaeus duorarum notialis* PEREZ-FARFANTE, 1967) EN CÔTE D'IVOIRE



par

Serge GARCIA

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 CENTRAL DE DOCUMENTATION DE L'ORSTOM
70-74, route d'Aulnay, 93140 BONDY (France)

- Tout paiement sera effectué par chèque bancaire barré au nom de RÉGIE ORSTOM BONDY, ou par chèque postal (compte n° 9.152-54, Paris, RÉGIE ORSTOM BONDY).
- Achat au comptant possible à la bibliothèque de l'ORSTOM, 24, rue Bayard, 75008 PARIS.

I - CAHIERS ORSTOM

BIOLOGIE
ENTOMOLOGIE MÉDICALE ET PARASITOLOGIE
HYDROBIOLOGIE
HYDROLOGIE
OCÉANOGRAPHIE
PÉDOLOGIE
SCIENCES HUMAINES

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

II - BULLETIN ANALYTIQUE D'ENTOMOLOGIE MÉDICALE ET VÉTÉRINAIRE

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

Nous vous rappelons,

dans la collection *« FAUNE TROPICALE »*

de **A. CROSNIER** et **J. FOREST** :

LES CREVETTES PROFONDES
DE L'ATLANTIQUE ORIENTAL TROPICAL

n° XIX - 409 p., 21 x 27 - 121 fig. ..... **139 F.TTC.**

TRAVAUX ET DOCUMENTS DE L'O.R.S.T.O.M.
N° 79

BIOLOGIE ET DYNAMIQUE DES POPULATIONS DE CREVETTES ROSES (*Penaeus duorarum notialis* PEREZ-FARFANTE, 1967) EN CÔTE D'IVOIRE

Serge GARCIA

O.R.S.T.O.M.
PARIS
1977

Cet ouvrage a fait l'objet d'une Thèse de Doctorat es-sciences naturelles présentée à l'Université d'Aix-Marseille, pour obtenir le grade de Docteur es-sciences, soutenue en novembre 1976.

Numéro d'enregistrement au CNRS : AO 13232

« 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 représenta- «tion 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 contrefa- «çon sactionnée par les articles 425 et suivants du Code Pénal».
.....

I.S.B.N. 2 7099 0483 7

© O.R.S.T.O.M. 1977

Le présent travail a été entrepris à l' O.R.S.T.O.M. dans le but de fournir aux autorités ivoiriennes une meilleure compréhension et un outil de gestion de la pêcherie de crevettes de Côte d'Ivoire et j'ai toujours trouvé auprès de Messieurs DICOH, Ministre de la production animale et KOFFI, Directeur des pêches maritimes et lagunaire le soutien nécessaire à sa réalisation. Je tiens à les en remercier chaleureusement.

Après avoir guidé mes premiers pas en océanographie, Monsieur le Professeur PERES (Membre de l'Académie des Sciences) m'a fait l'honneur de diriger la rédaction de cette thèse, confirmant ainsi l'intérêt constant qu'il porte aux travaux de l' O.R.S.T.O.M. ; Monsieur le Professeur DAGET en a également suivi pas à pas l'élaboration. Je leur exprime ici ma profonde et respectueuse gratitude.

Messieurs CROSNIER et LE GUEN ont assuré depuis mes débuts à l' O.R.S.T.O.M. avec beaucoup de conscience, la direction de mes travaux. Je les assure de toute ma reconnaissance.

Monsieur le Professeur BOURDILLON, Messieurs LAUBIER et CECCALDI ont accepté de juger ce travail. Je les remercie très vivement pour cette marque d'intérêt.

J'ai beaucoup usé de la patience et de l'esprit critique de Monsieur CHAMPAGNAT tout au long de la rédaction. Je ne l'en remercierai jamais assez.

Monsieur TROADEC est à l'origine de mes travaux en Côte d'Ivoire. Il acollaboré avec Monsieur BOEREMA à l'examen et à la critique de mon travail avec un soin que j'ai apprécié. Je les en remercie vivement.

Il me serait difficile de citer ici tous les collègues de l' O.R.S.T.O.M. et d'ailleurs, qui ont apporté, directement ou pas quelque chose à ce travail mais je tiens à remercier Messieurs FONTENEAU, LAUREC et BRANELLEC qui m'ont aidé à résoudre mes problèmes d'informatique.

Je voudrais enfin ajouter une mention toute particulière pour Messieurs SLEPOUKHA et OKOMA KOFFI. Ils ont assuré avec moi, et pratiquement depuis le début, dans des conditions difficiles la récolte des données. Sans leur aide efficace, ce travail ne serait pas si complet. Je les en remercie.

A B S T R A C T

Reproduction, larval drift, juvenile migration and recruitment, adult ecology, distribution and sex-ratio, growth, mortalities and fishing of the pink shrimps *Penaeus duorarum notialis* are studied from 1969 to 1975 on the Ivory Coast (West Africa). These date are used in a RICKER type simulation model with seasonal variations of recruitment and catchability to analyse the effects of different combinations of the artisanal fishery on juveniles in lagoons and industrial marine fishery.

R E S U M E

La reproduction, la migration larvaire, la migration des juvéniles et leur recrutement, l'écologie des daultes, leur distribution, sex-ratio, croissance et mortalité ainsi que l'exploitation de la crevette rose *Penaeus duorarum notialis* sont étudiés de 1969 à 1975 en Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest). Les données recueillies sont utilisées dans un modèle de simulation de type RICKER tenant compte des variations saisonnières de recrutement et de capturabilité pour analyser les effets de différentes combinaisons de la pêcherie artisanale sur les juvéniles et de la pêcherie industrielle sur les adultes.

INTRODUCTION

Les crevettes penaeïdes côtières de la zone intertropicale soulèvent depuis un peu plus d'une dizaine d'années un intérêt considérable en raison de leur très haute valeur marchande, associée à une forte demande sur le marché. Cet intérêt s'est traduit par une prospection rapide et une mise en exploitation de la plupart des fonds de pêche existants. Stimulée par des conditions économiques très favorables, la pêcherie s'est développée de façon spectaculaire, la hausse constante des prix compensant largement la diminution des rendements. Cette évolution favorable du marché mondial est actuellement terminée et les prix stagnent ou baissent même le plus souvent. Le problème de l'optimisation des rendements par une exploitation rationnelle des stocks se pose donc avec acuité, soulignant par la même occasion la faiblesse de nos connaissance sur la biologie et la dynamique de la plupart des populations exploitées.

Les données disponibles sont irrégulièrement réparties, géographiquement d'une part, et entre les différents thèmes de recherche d'autre part. Le point en a été fait sous l'égide de la F.A.O. lors de la conférence scientifique mondiale sur la biologie et l'élevage des crevettes, réunie à Mexico en juin 1967 (MISTAKIDIS, 1968). Les synopsis élaborés à cette occasion montrant que malgré de nombreuses études sur la biologie des espèces exploitées depuis des années, nombre d'aspects du cycle vital sont encore mal élucidés.

Parmi les thèmes de recherche à développer on note par exemple : l'étude des migrations larvaires, l'action des facteurs écologiques sur les déplacements horizontaux et verticaux des adultes, l'estimation des paramètres de croissance et de mortalité, la récolte des statistiques de pêche détaillées etc...

Cette réunion a mis en lumière la grande faiblesse de nos connaissances sur la côte ouest-africaine. Il est très significatif qu'aucun synopsis n'ait été rédigé sur *Parapenaeopsis atlantica* et *Parapenaeus longirostris* qui sont parmi les plus importantes de la zone et déjà exploitées régulièrement. De même, la synthèse des connaissances sur *P. duorarum* porte exclusivement sur *P.d.duorarum* et écarte la sous-espèce *P.d.notialis* faute de connaissances suffisantes. La travail de synthèse le plus récent de PEREZ-FARFANTE (1969) ne fait que confirmer cet état de fait et l'on peut résumer très rapidement l'ensemble des données disponibles sur la côte ouest-africaine avant 1968, date du début de nos propres recherches.

Penaeus duorarum notialis est traditionnellement exploitée pendant sa phase juvénile dans les lagunes du Dahomey (LEFEBVRE, 1908), du Ghana et probablement aussi du Nigéria et du Cameroun. Son exploitation a bien été intensifiée dans les dix dernières années mais nos connaissances sur les stocks exploités sont très limités.

L'espèce a une distribution amphiatlantique et il existe deux sous-espèces. *P. duorarum duorarum* se rencontre sur la côte américaine, du Cap Hatéras à la presqu'île du Yucatan (au Mexique). *P. duorarum notialis* est répandue dans la mer des Caraïbes et sa présence a été signalée jusqu'au Cabo Frio (au Brésil). Cette dernière occupe seule toute la côte ouest-africaine du Cap Blanc

(Mauritanie) au Cabo Frio (Angola).

Les travaux réalisés sur *P.d.duorarum* depuis les premières observations de BURKENROAD (1939) sont très nombreuses et la bibliographie située à la fin de ce travail en témoigne. Sur la côte africaine, en revanche, les premiers travaux sur la biologie ont vraiment débuté vers 1960 où l'on a obtenu les premières données biométriques (ROSSIGNOL et REPELIN, 1961) et les premières prospections des fonds chalutables (ROSSIGNOL, BLACHE et REPELIN, 1962), qui seront intensifiées les années suivantes par les équipes de l'O.R.S.T.O.M. (CROSNIER 1965, CROSNIER et BERRIT 1966). Les campagnes de chalutage de GUINEAN TRAWLING SURVEY en 1963 et 1964 ont représenté un apport non négligeable de connaissances sur la répartition géographique et bathymétrique de l'espèce et ses possibilités d'exploitation (WILLIAMS, 1965). Ces possibilités, déjà percues par LONGHURST et BAINBRIDGE (1963) ont été par la suite confirmées par LONGHURST (1965) et RAITT et NIVEN (1965) au Nigéria ainsi que TROADEC (1968) et TROADEC, GARCIA et PETIT (1969) en Côte d'Ivoire.

L'exploitation régulière des stocks maritimes a commencé vers 1966 et il est vraisemblable que le niveau d'effort optimum est actuellement atteint sinon dépassé pratiquement partout.

Les statistiques de pêche, quand elles existent, sont pratiquement inexploitées sauf quelques travaux préliminaires de FONTANA et BA M'BAYE (1972) au Gabon, GARCIA et FONTENEAU (1971) en Côte d'Ivoire et de DOMAIN (1972) au Sénégal.

Parallèlement à cet effort d'évaluation des ressources les connaissances concernant la biologie de l'espèce se sont précisées grâce aux travaux de HOESTLANDT (1966) sur la phase lagunaire du cycle vital au Dahomey, de DE VRIES et LEFEVERE (1966) sur la maturation sexuelle, et de LONGHURST (1969) sur la différenciation des peuplements. Des étapes importantes marquent l'avancement des recherches : la réunion des spécialistes C.S.A. sur les crustacés de Zanzibar en 1964 (I.F.A.N. 1966), le Symposium sur l'océanographie et les ressources halieutiques de l'Atlantique tropical d'Abidjan en 1966 (U.N.E.S.C.O.-F.A.O., 1969), la conférence scientifique mondiale sur la biologie et l'élevage des crevettes de Mexico en 1967 (MISTAKIDIS, 1968-1970) et le Symposium de Santa Cruz de Tenerife sur les ressources vivantes du plateau continental Atlantique africain (du détroit de Gibraltar au Cap Vert) (I.C.E.S.-F.A.O., 1968).

A cette époque les données biologiques sont encore très peu nombreuses et une synthèse est faite par CROSNIER et DE BONDY (1967). Les connaissances évoluent ensuite très rapidement. Les chercheurs soviétiques apportent une contribution importante avec les travaux de BURUKOWSKY sur la biologie des adultes en baie du Biaffra (1968a), leur alimentation en Mauritanie (1968b et 1969), une description de l'oogénèse (1970a), une discussion sur l'origine de la répartition amphiatlantique de l'espèce (1970b). Une synthèse des résultats obtenus est publiée par BURUKOWSKY et BULANENKOV (1969).

Parallèlement de nombreux travaux sont entrepris par l'O.R.S.T.O.M. au Congo et surtout en Côte d'Ivoire et au Sénégal. DE BONDY (1968) obtient les

premiers résultats concernant les diverses phases du cycle vital de l'espèce au Sénégal. TROADEC (1968) publie les premiers résultats obtenus par prospection systématique d'une radiale située sur le fond de pêche de Grand-Bassam (Côte d'Ivoire). LE GUEN et CROSNIER (1968) effectuent une première étude des rythmes quotidiens d'activité et de leur répercussion dans les rendements des crevettiers.

C'est dans ce contexte que débute notre travail en 1968, avec deux principaux objectifs. Le premier, essentiellement biologique, était de compléter nos connaissances encore très fragmentaires sur l'espèce dans son biotope ouest-africain pour la comparer avec *P.d.duorarum* de la côte nord américaine, bien connue, et avec *P.d.notialis* des Caraïbes et de l'Amérique du Sud encore très peu étudiée. L'autre objectif était de suivre une exploitation que nous avons vue débuter sur un stock presque vierge, d'en garder ces chroniques que sont les statistiques de pêche et de déterminer, le plus rapidement possible, les conditions optimales d'exploitation.

En ce qui concerne la biologie de l'espèce, il nous a paru immédiatement évident que, dans un contexte aussi pauvre en travaux antérieurs, seule une vue d'ensemble de tout le cycle vital nous permettrait de comprendre les phénomènes essentiels, et nous nous sommes attachés à répartir notre effort en conséquence.

De 1968 à 1975, nous avons prospecté le plateau ivoirien puis abordé l'étude de l'écologie des adultes, de leur comportement, des mécanismes de la reproduction, de la migration des larves en lagune, des juvéniles, et des adultes, de leur exploitation en lagune et en mer. Nous avons évalué les paramètres biologiques de la population (mortalités, croissance) et obtenu par simulation les éléments de réponse nécessaires à une bonne gestion d'une ressource.

CHAPITRE I

RELATIONS ENTRE LA RÉPARTITION ET LES CONDITIONS DU MILIEU
ÉTUDE DES VARIATIONS DU SEX-RATIO

1 - MATERIEL ET METHODES

Les données utilisées dans cet article proviennent de trois sources différentes :

1.1.- Echantillonnage systématique sur la radiale de Grand-Bassam (3°49'W) de mars 1966 à février 1967 (1), toutes les trois semaines, et janvier 1969 à février 1970 tous les mois. Sept à huit immersions présélectionnées ont été échantillonnées au chalut, entre 20 et 60 m. Les techniques utilisées ont été exposées dans un précédent article (GARCIA, TROADEC J.P. et PETIT P., 1970). Pendant la première série de campagne, en 1966-1967, des stations hydrologiques ont été effectuées à chaque immersion simultanément. En 1969-1970, en revanche, les campagnes d'hydrologie ont été effectuées à quelques jours d'intervalle.

1.2.- Deux campagnes de prospection sur tout le plateau ivoirien visant à délimiter les fonds de pêche ont été réalisées du 12 au 24 août et du 2 au 14 septembre 1968. Onze radiales ont été prospectées à l'aide d'un chalut du type "flat trawl" de 16,40 m de corde de dos, avec des mailles de 28 mm (étirées) pour le cul. La vitesse du bateau était réglée pour parcourir environ 3 milles d'ouest en est à chaque trait de chalut. Les immersions prospectées ont été les suivantes : 20, 26, 32, 38, 44, 50, 56, 62 et 68 m chaque fois que la nature du fond le permettait.

1.3.- Les statistiques de pêche de la flottille crevettière ivoirienne

A l'arrivée des premiers crevettiers professionnels en juin 1969, un système de récolte des statistiques de pêche fut mis en place. Nous avons ainsi obtenu, grâce à la coopération des patrons de pêche français, les renseignements concernant la zone de pêche, l'immersion, l'heure de mise en pêche, l'heure de fin de pêche et la prise, pour chaque coup de chalut d'une durée de 2 à 3 heures. Ces renseignements ont été traités sur ordinateur par quinzaine afin d'obtenir les rendements horaires moyens par zone et par immersion : 25 m et au-dessus, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 m et au-dessous.

2 - DESCRIPTION DU MILIEU MARIN.

Il nous semble indispensable, pour la bonne compréhension du sujet, de résumer rapidement les conditions de milieu existant sur le plateau ivoirien.

2.1.- La couverture sédimentaire.

Elle a été sommairement étudiée par P. RANCUREL (1968) puis précisée par F. DUGAS (1968). Nous utiliserons surtout les travaux plus récents et plus complets de L. MARTIN (1973).

---

(1) Ces données recueillies par J.P. TROADEC, du Centre de Recherches Océanographiques d'Abidjan, et son équipe, ont ensuite été mises à notre disposition. Je tiens à l'en remercier.

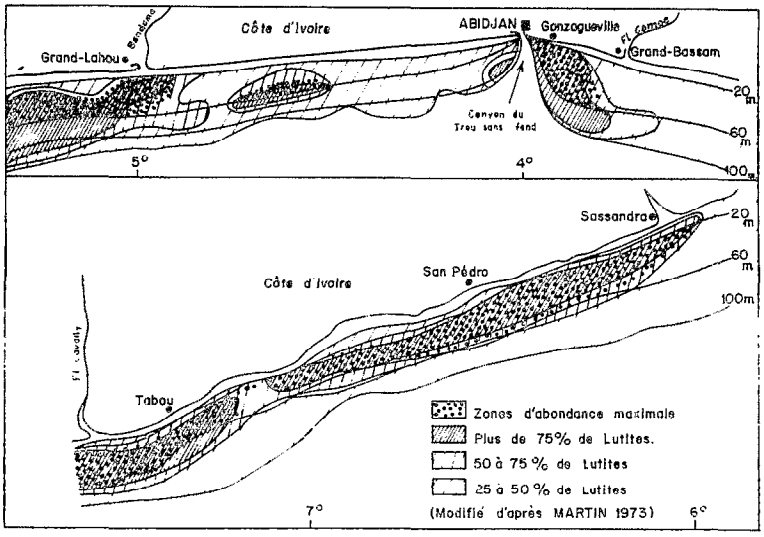


Fig. 1 - Carte de répartition géographique des sédiments et des crevettes en Côte d'Ivoire (Lutites: particules <50µ)

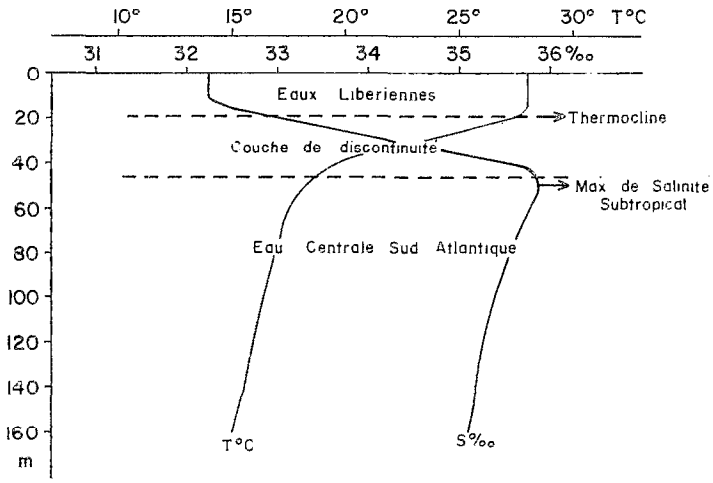


Fig. 2 - Evolution de la température et de la salinité avec la profondeur (schémas théorique pure)

La principale caractéristique du plateau continental est l'extraordinaire abondance des sédiments vaseux ou vaso-sableux. Cette abondance, typique des climats équatoriaux humides, est attribuée par ROUGERIE (1960) et HAYES (1967) à l'importance des processus chimiques continentaux dans ces régions. Selon MARTIN (1973) : "schématiquement, on peut représenter le plateau continental de Côte d'Ivoire comme étant formé d'un substratum constitué :

a) de 0 à 70 mètres, d'une formation sableuse pouvant contenir des argiles et des tourbes continentales,

b) de 70 à 120 mètres, d'une formation organogène relique à amphistégines et algues calcaires.

Sur ce substratum reposent les formations vaseuses, en relation avec les débouchés des fleuves" (fig.1). Ces formations vaseuses, dont l'épaisseur peut atteindre 25 m, sont situées à l'ouest des embouchures, car elles se forment sous l'influence du sous-courant est-ouest qui balaie les fonds entre 20 et 50 mètres (LEMASSON et REBERT, 1973a).

2.2.- Le milieu physique.

L'hydroclimat du plateau continental ivoirien résulte de l'alternance de catégories d'eaux de caractéristiques différentes (MORLIERE, 1970 et MORLIERE et REBERT, 1972). On distingue :

2.2.1.- L'eau tropicale superficielle dont la température est supérieure à 24°C. L'épaisseur de cette couche peut atteindre 30 à 40 m. Ces eaux ont en général une salinité supérieure à 35 ‰ et sont alors des eaux tropicales caractéristiques. Les eaux guinéennes ou libériennes en sont un faciès dessalé par des apports continentaux (BERRIT, 1966), dont la salinité est toujours inférieure à 35 ‰.

2.2.2.- La zone de discontinuité de densité. Elle est constituée par de l'eau de mélange entre les eaux tropicales superficielles et l'eau subtropicale. Cette dernière est une eau type, qui baigne le fond entre 50 à 60 m et correspond au maximum de salinité (35,6 à 35,8 ‰). Sa température est de 17,5 à 18°C. On peut trouver dans des articles déjà anciens le terme "d'eaux de la thermocline" (BERRIT, 1958), mais cette appellation peu rigoureuse doit être évitée. Le terme "couche de discontinuité subsuperficielle" nous semble moins prêter à confusion.

Cette couche qui peut atteindre 30 m d'épaisseur est limitée à sa partie supérieure par une "thermocline" nette vers 24-26°C, et à sa partie inférieure par une zone à gradient thermique plus faible au niveau du maximum de salinité subtropical (fig.2).

La présence d'une thermocline permanente proche de la surface est une caractéristique essentielle du Golfe de Guinée.

2.2.3.- L'eau centrale sud atlantique : cette masse d'eau représente un mélange entre l'eau subtropicale définie plus haut, et l'eau antarctique intermédiaire que l'on trouve vers 800 mètres. On la rencontre donc généralement à partir des fonds de 50-60 m, sauf en période d'upwelling en juillet-août et septembre, où elle remonte vers le littoral. L'alternance de ces masses d'eau sur le plateau ivoirien entraîne l'existence de 4 saisons différentes (MORLIERE, 1970) :

- petite saison froide : janvier
- grande saison chaude : février à mai

- grande saison froide : juillet à septembre
- petite saison chaude : novembre à décembre

On distingue en plus deux périodes de transition correspondant aux pluies :

- grande saison des pluies : de mai à juin
- petite saison des pluies : d'octobre à novembre

Les variations saisonnières de la température et de la salinité sont données en annexe.

3 - REPARTITION DE L'ABONDANCE.

3.1.- Répartition géographique.

Penaeus duorarum notialis existe en plus ou moins grande abondance sur la côte ouest-africaine du Cap Blanc à l'Angola. Il semble cependant que l'on ne puisse trouver de réelles concentrations qu'entre le Cap Timiris en Mauritanie, et la région de Pointe Noire au Congo (BURUKOWSKY et BULANENKOV, 1969). RIBEIRO (1970) indique cependant des rendements très intéressants dans la zone d'Ambrizete entre 7 et 8°S. Entre ces deux extrêmes existe une multitude de petits fonds de pêche, de superficie restreinte, pratiquement tous exploités à l'heure actuelle.

Au large de la Côte d'Ivoire, la présence de *Penaeus duorarum* peut être décelée sur tout le plateau continental, du Cap des Palmes au Cap des Trois Pointes. Les seules concentrations réellement exploitables se trouvent situées à l'ouest des principales embouchures : celle de la Comoé (Grand-Bassam), du Bandama (Grand-Lahou), du Sassandra, et en face du fleuve Cavally (Tabou). Le petit fond de vase à l'est de Grand-Lahou correspond à un ancien débouché du Bandama.

Les superficies maximales des zones occupées par ces concentrations sont :

- Grand-Bassam : 60 milles carrés
- Grand-Lahou : 80 milles carrés
- Sassandra } 200 milles carrés
- San pedro }
- Tabou : 50 milles carrés

Pendant la période de démarrage de la pêche et de prospection intensive, de janvier à septembre 1970, les résultats obtenus par secteur de pêche furent les suivants :

Secteur	Prise totale (T)	Rendement moyen (kg/h)
Grand-Bassam	250	17,8
Grand-Lahou	67	15,7
Sassandra	70	18,0
San Pedro	24	12,9
Tabou	240	26,5

3.2.- Répartition bathymétrique.

Elle a été établie, pour toutes les régions exploitées, par les crevettiers basés à Abidjan à partir des cahiers de pêche remplis par les patrons. Les statistiques ont été regroupées par tranche de 5 mètres, de 23 à 62 mètres, matérialisées sur les figures 3 et 4 par leur valeur centrale (25 m = 23 à 27 m, 30 m = 28 à 32 m, etc...). Les résultats obtenus sont les suivants :

3.2.1.- En Côte d'Ivoire : la figure 3 représente l'évolution des rendements moyens obtenus à différentes immersions, d'une part, au cours des campagnes périodiques sur la radiale de Grand-Bassam (3°49'W) pendant les deux années d'observation, et, d'autre part, par les crevettiers professionnels en 1969-1970 dans les zones de Tabou et Sassandra. Il en découle qu'en moyenne, dans l'année, l'abondance est maximale de 30 à 45 m et décroît rapidement de part et d'autre.

3.2.2.- Sur les autres fonds de pêche (fig.4) :

- Au Ghana (résultats portant sur 5 000 heures de trait échelonnés sur 9 mois de pêche) les rendements sont maximums entre 35 et 50 m.

- Au Togo (640 heures de pêche portant sur deux mois seulement) ils sont maximums entre 35 et 50 m également.

- Au Dahomey (407 heures de pêche en 8 mois) la distribution bathymétrique semble plus condensée. Les rendements sont maximums à 45 m.

- Au Libéria (résultats portant sur 400 heures de trait, effectués de septembre 1969 à juin 1970), les rendements les plus élevés sont obtenus de 50 à 60 mètres.

- En Sierra Léone (résultats portant sur 500 heures de trait, effectués de septembre 1969 à juin 1970) les meilleurs résultats sont obtenus de 35 à 45 m.

- Au Nigéria, en revanche, la distribution est très différente. Les résultats portant sur 6 018 heures de pêche échelonnées sur 9 mois (décembre à août) indiquent des rendements maximums dans la zone côtière, à 25 m, c'est à dire en fait entre 23 et 28 mètres. Selon LEFEVERE (1970), la limite supérieure serait de 20 m en baie de Benin et 16 m en baie de Biafra. D'autre part, un examen détaillé des feuilles de pêche indique que, dans la partie nord de la baie de Benin (entre Lagos et la rivière Benin), la pêche se fait surtout à 40 et 50 mètres. En rejoignant le Delta, entre la rivière Benin et la rivière Pennington les bateaux pêchent plus près de la côte, de 22 à 35 mètres, et les meilleurs résultats sont obtenus de 22 à 28 mètres. Nos résultats ne concordent pas avec ceux de LEFEVERE (1970), très fragmentaires il est vrai, indiquant un maximum vers 30 à 70 mètres suivant les saisons.

Si la différence que nous avons observée n'est pas le résultat d'un biais (difficilement imaginable en l'occurence) la distribution est moins profonde dans le delta que sur l'ensemble de l'aire de répartition. L'abondance maximale est en effet observée entre 30 et 50 m dans les régions suivantes : l'Angola (RIBEIRO, 1970), le Congo (CROSNIER et DE BONDY, 1967), le Gabon (FONTANA et BA M'BAYE, 1972), le Cameroun (CROSNIER, 1964), la région comprise entre Lagos et la Sierra leone (voir ci-dessus), le Sénégal (CROSNIER et DE BONDY, 1967) et la Mauritanie (BURUKOWSKY et BULANENKOV, 1969), c'est à dire sur pratiquement toute l'aire de distribution ouest africaine.

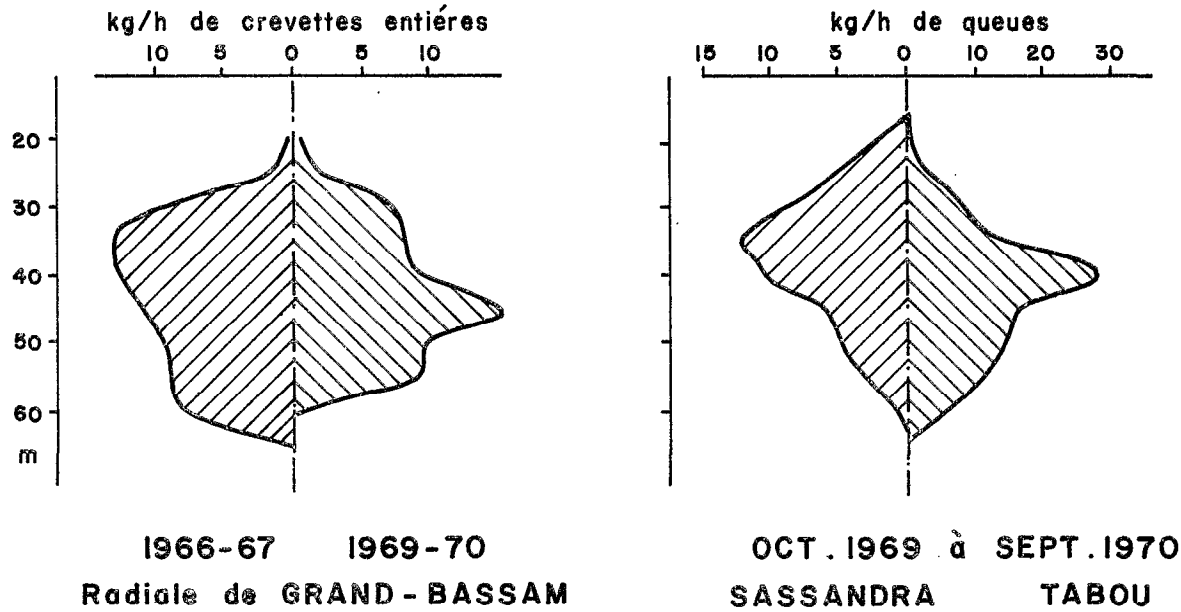


Fig. 3 - Répartition bathymétrique des rendements en Côte d'Ivoire.

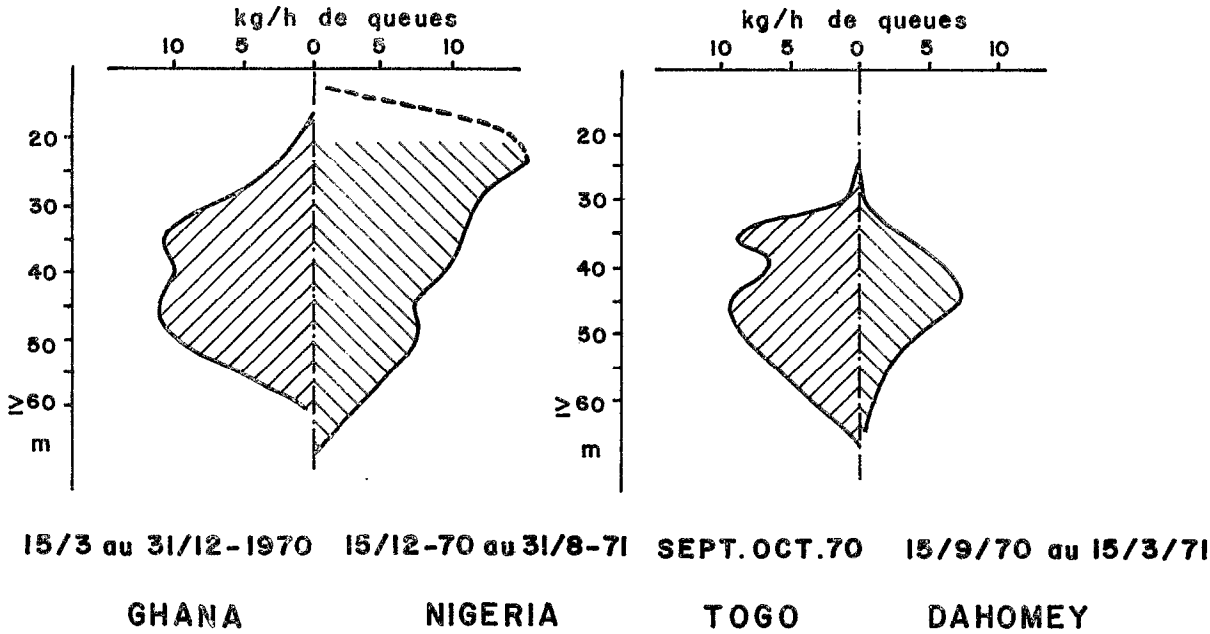


Fig. 4 - Répartition bathymétrique des rendements obtenus par la flottille d'Abidjan à l'étranger.

CROSNIER et DE BONDY (1967) signalaient cependant la possibilité d'une limite supérieure de la distribution moins profonde au niveau des estuaires. Ils ne donnent pas d'exemple mais BURUKOWSKY et BULANENKOV (1969) indiquent 10 mètres comme limite supérieure pour les rivières Cacheu Gambie, Casamance, Gabon et Cameroun. Ces diverses observations, bien que peu étoffées, tendent cependant à confirmer le relèvement vers la côte de la limite supérieure de la distribution bathymétrique dans les zones d'estuaires.

Sur la côte américaine, les données ont été regroupées par PEREZ-FARFANTE (1969), COSTELLO et ALLEN (1970), BURUKOWSKY et BULANENKOV (1969). *P. d. duorarum* est abondant de 9 à 45 m et l'espèce peut atteindre 63 mètres. *P. d. notialis* est abondant de 4 à 73 mètres et a été trouvé à 117 mètres. Les valeurs aberrantes observées, qui sont accidentelles sinon erronnées, ont été négligées. Cette distribution est proche de celle qui est observée sur la côte africaine et il semble également - mais cela demande à être confirmé - que la limite supérieure de la distribution soit plus côtière dans les zones d'estuaires.

3.3.- Facteurs de répartition.

Il est intéressant, à partir des données existantes sur la répartition bathymétrique et géographique, d'essayer de définir les exigences écologiques de l'espèce. Il est cependant difficile de cerner le rôle exact d'un facteur particulier car, sur le plateau ivoirien, comme d'ailleurs sur la plus grande partie du Golfe de Guinée, les différents facteurs habituellement mesurés sont eux-mêmes une fonction de la bathymétrie, en particulier lorsque la profondeur augmente de 10 à 80 mètres, la température, la teneur en oxygène et la luminosité au niveau du fond diminuent, alors que la salinité, la pression et la teneur en particules fines du sédiment augmentent.

A la répartition bathymétrique caractéristique de l'espèce correspond donc un cortège de conditions qui sont étroitement liées, et il est difficile de dissocier ces facteurs au niveau de leur action sur la répartition. Des discordances dans la distribution géographique et les variations saisonnières de distribution bathymétrique en un lieu donné, permettent cependant de préciser le rôle de la couverture sédimentaire, ainsi que le comportement de l'espèce vis-à-vis des conditions hydrologiques et en particulier de la thermocline.

3.3.1.- La couverture sédimentaire.

a) La granulométrie

Nous avons vu au paragraphe 2.1.- que la principale caractéristique du plateau continental était sa relative richesse en sédiments vaseux ou sablo-vaseux. Les grandes formations vaseuses sont situées presque entièrement à l'ouest des embouchures, au delà de 30 mètres de profondeur. Leur extension vers l'est est très réduite et un peu plus littorale. Afin de préciser la relation entre les crevettes et le sédiment nous avons localisé sur la carte sédimentologique au 1/2 00 000 publiée par MARTIN (1973) les 64 stations de chalutage réalisées au cours des 2 campagnes de prospection en août-septembre 1968. Cette localisation ayant permis de définir la nature du sédiment correspondant à chaque station, nous avons calculé le rendement horaire moyen obtenu sur chaque type de sédiment défini par sa teneur en lutites (particules $\leqslant 50\mu$).

Type	Teneur en lutites
0	moins de 5 %
1	5 à 25 %
2	25 à 50 %
3	50 à 75 %
4_1	> 75 % (profondeur < 50 m)
4_2	> 75 % (profondeur > 50 m)

La figure 5 montre clairement l'augmentation de l'abondance avec la richesse en particules fines. Si les crevettes sont présentes en quantités non négligeables dès que la teneur en lutites dépasse 25 %, les véritables concentrations susceptibles de supporter une pêche sont situées sur des fonds dont la teneur en lutites dépasse 50 et surtout 75 %. Cette corrélation est extrêmement nette et il a été possible, à partir des 4 années de statistiques disponibles, et d'une enquête au niveau de tous les patrons, de délimiter exactement les fonds les plus riches. Ceux-ci se trouvent toujours sur les zones vaseuses dont la teneur en lutites est supérieure à 75 % (fig.1). Les fonds contenant plus de 50 % de lutites sont cependant régulièrement prospectés. Les fonds dont la teneur est inférieure à 25 % ne sont pas considérés comme des fonds de pêche. Cette relation n'est plus vérifiée au delà de 60 mètres de profondeur.

La nature du sédiment est donc un facteur important de la répartition géographique. Elle peut, dans une certaine mesure, expliquer également la limite supérieure de la distribution bathymétrique de l'espèce.

La figure 6 donne un aperçu de la distribution bathymétrique des sédiments au niveau des fonds à crevettes. La teneur en lutites augmente régulièrement de 0 à 30-35 mètres où elle dépasse 50 %. De 35 à 40 mètres elle est supérieure à 75 %. Là encore, si l'on compare cette distribution à celle des crevettes, les immersions où l'abondance est maximale correspondent à des taux de lutites supérieurs à 75 %.

Ces observations viennent confirmer celles de RAITT et NIVEN (1969) au Nigéria, CROSNIER (1964) et DURAND (1967) au Congo, CROSNIER et BERRIT (1966) au Dahomey, RIBEIRO (1970) en Angola, BURUKOWSKY et BULANENKOV (1969) en Mauritanie. Il en est de même au Sénégal, au Libéria et au Ghana. La présence de *P. d. notialis* a cependant été signalée sur sables grossiers au Banc d'Arguin en Mauritanie (MAURIN, 1968).

Sur la côte américaine les deux sous-espèces *P. d. notialis* (BURUKOWSKY et BULANENKOV, 1969) et *P. d. duorarum* (COSTELLO et ALLEN, 1970) se rencontrent également sur des sédiments contenant une forte proportion de particules fines. Il semble ainsi que l'on puisse parfois rencontrer cette dernière sur sable dur et grossier (HILDEBRANDT, 1954 ; WILLIAMS, 1958).

Si la répartition géographique et la limite bathymétrique supérieure des fonds à crevettes correspondent nettement à une structure granulométrique caractéristique, il n'en est pas de même pour la limite bathymétrique inférieure à la distribution.

En dessous de 50 m les rendements diminuent rapidement et sont pratiquement nuls au delà de 60 m, sur des sédiments dont la teneur en lutites est pourtant supérieure à 75 %. Cela signifie qu'une teneur en lutites supérieure à 75 % est une condition nécessaire mais non suffisante pour permettre l'installation de concentrations commerciales.

b) La composition chimique des sédiments

Sur la côte ouest africaine, l'origine terrigène des vases à *P.d.notialis* et les processus climatiques conduisant à leur formation entraînent l'existence d'un cortège de caractéristiques chimiques particulières à ces sédiments, résumées dans le tableau ci-dessous (données tirées des cartes de MARTIN, 1973).

Constituants	Teneur (%)
Silice totale	40 à 60 %
Alumine	10 à 20 %
Fer	5 à 20 %
Carbonate	0 à 10 %
Azote	1 à 2 %

Ces sédiments peuvent être considérés, par comparaison avec les sédiments de l'ensemble du plateau entre 10 et 80 mètres, comme :

- les plus riches en azote
- très riches en alumine
- assez riches en silice
- moyennement riches en fer
- les plus pauvres en carbonates

Le rôle de ces constituants, si rôle il y a, est difficile à définir.

. *Silice et carbonates*

Si l'on regroupe les renseignements disponibles il apparaît que *P. duorarum notialis* occupe sur toute son aire de répartition des vases argileuses silteuses terrigènes assez riches en silice (sous forme de quartz) et pauvres en carbonates.

P. duorarum duorarum en revanche occupe des vases calcaires sableuses organogènes pauvres en silice, très riches en carbonates et dont la fraction grossière est constituée de débris coralliens et coquilliers (HILDEBRANDT, 1954 ; SPRINGER et BULLIS, 1954).

Des vases sableuses organogènes à amphistégines et débris de coquilles de nature analogue pouvant contenir 75 % de carbonates, existent sur tout le plateau continental ivoirien (MARTIN, 1973), au delà de l'isobathe 70 m, et ne sont pas colonisées par *P. duorarum notialis*. Il est donc possible que ce type de sédiment ne lui convienne pas, mais il est beaucoup plus probable que le facteur limitant n'est pas la nature du sédiment mais la profondeur à laquelle il se trouve et les conditions

particulières de température et de lumière qui y règnent.

Quoi qu'il en soit le fond est de nature homogène entre 40 et 70 m, et la raréfaction des crevettes au delà de 50 m reste inexpliquée.

. *Azote et matière organique*

Les sédiments les plus riches en particules fines sont également les plus favorables à une fixation de l'azote sous forme organique. Les cartes de répartition de l'azote, publiées par MARTIN (1973), montrent ainsi qu'on pouvait le prévoir, une excellente concordance entre les zones riches en azote et les grandes concentrations de crevettes. GRADY (1970) obtient le même résultat pour une espèce voisine. Cette relation n'est d'ailleurs probablement pas directe mais reflète la liaison entre les concentrations de crevettes et l'abondance des proies. LE LOEUFF et INTES (1968) ont en effet montré qu'en Côte d'Ivoire, la zone comprise entre 35 et 50 m était la plus riche en benthos, peneïdes exclus. La relation entre la richesse en matière organique et les grosses concentrations de crevettes est peut-être d'ordre alimentaire.

Il n'y a cependant pas de changement notable dans la teneur en azote qui puisse être relié de façon satisfaisante à la raréfaction des crevettes au delà de 50 m.

3.3.2.- Les conditions hydrologiques.

Ainsi que nous l'avons souligné au paragraphe 2.2.-, la caractéristique essentielle du Golfe de Guinée est l'existence d'une thermocline sub-superficielle. presque permanente. Cette thermocline limite à sa partie supérieure la couche de discontinuité qui baigne le fond à partir de 10-30 m et dont l'épaisseur est de l'ordre de 30 m.

BERRIT (1958) avait utilisé l'appellation "d'eaux de la thermocline" pour caractériser cette masse d'eau de transition entre les eaux tropicales et les eaux subtropicales, dont la température varie de 18° à 24°C, et la salinité est proche de 36 ‰, et en tout cas toujours supérieure à 35 ‰.

a) Historique.

Les observations concernant le rôle des facteurs hydrologiques sur la répartition de *P. duorarum* sont assez peu nombreuses. Sur la côte américaine, où les données concernant l'écologie des immatures abondent, les renseignements concernant les adultes sont rares. BURKENROAD (1939) relie l'extension de l'espèce à celle de l'isotherme annuel moyen 20°C. Il note certaines incohérences dues, en fait, à une connaissance incomplète, à l'époque, de la distribution de l'espèce. Celle-ci a été depuis signalée au Brésil (PEREZ-FARFANTE, 1969) et la distribution connue actuellement confirme la relation suggérée par BURKENROAD.

Ce même auteur notait dans le Golfe du Mexique le remplacement de *P. duorarum* par *P. aztecus* dans les eaux dessalées, et soulignait l'incompatibilité de cette observation avec la présence du seul *P. duorarum* dans les deltas du Niger et du Congo sur la côte d'Afrique. En Floride, la salinité sur les fonds à crevettes oscille entre 36 et 38 ‰, d'après IVERSEN et IDYLL (1960).

Les renseignements disponibles sur la côte ouest africaine sont regroupés dans le tableau suivant :

Zone	Référence	S ‰	T°C
Mauritanie	Burukowsky et Bulanenkov (1969)	35,7 à 36	18 à 29°
Nigéria	Lefevere (1970)	33,6 à 35	20 à 25°
Congo	Crosnier et De Bondy (1967)	35 à 36	18 à 24°
Angola	Ribeiro (1970)	35,5 à 35,9	16 à 27°
Côte d'Ivoire	Observations personnelles	34,2 à 35,8	15 à 29°

P. duorarum notialis adulte se rencontre donc en quantité plus ou moins importantes dans des eaux de 15 à 29°C et de 33,6 à 36 ‰. C'est à dire en fait dans pratiquement tout l'éventail des conditions hydrologiques possibles, entre 25 et 60 m. Ces données n'indiquant que la présence ou l'absence de l'espèce ne permettent pas de définir les conditions hydrologiques préférentielles de celle-ci et il est nécessaire pour cela de tenir compte de l'abondance.

La plupart des essais de classification des peuplements de poissons établis sur la côte ouest-africaine, tendent à confirmer le rôle essentiel de la thermocline en tant que barrière plus ou moins stricte (LONGHURST, 1958 ; LONGHURST et BAINBRIDGE, 1963 ; DURAND, 1967 ; FAGER et LONGHURST, 1968 ; LONGHURST, 1969). Une profondeur critique a été également mise en évidence vers 70 mètres dans la répartition du benthos. Cette limite est liée à la base de la couche de discontinuité d'après LONGHURST (1958). LE LOEUFF et INTES (1968) relient ce phénomène à l'isotherme 17°C.

CROSNIER (1963) indique que *P. duorarum* occupe les "eaux de la thermocline". Cette affirmation est contestée par BURUKOWSKY et BULANENKOV (1969) et cette contestation résulte de la confusion créée par l'utilisation du terme "d'eaux de la thermocline."

b) Rôle de la température dans la répartition bathymétrique.

Le plateau ivoirien est caractérisé par des variations importantes de la profondeur de la couche de discontinuité, en particulier au moment de l'upwelling. Ces variations peuvent être matérialisées par le déplacement de l'isotherme 24°C. Si la thermocline joue réellement le rôle d'une barrière, elle doit provoquer des variations importantes dans la distribution bathymétrique de l'espèce ; or, d'après CROSNIER (1963) l'espèce peut être trouvée de 10-50 m à 80-110 m suivant les saisons.

L'examen des résultats obtenus au cours des deux séries d'échantillonnages effectués en 1966-67 et 1969-70, semblait montrer que les meilleurs rendements étaient toujours obtenus entre 18° et 24°C, c'est à dire dans ce que CROSNIER appelait "eaux de la thermocline" et que nous appelons couche de discontinuité (cette couche est, en fait, infrathermoclinale). Les échantillons pris aux différentes immersions l'avaient été à des heures différentes, et la variance introduite par les variations

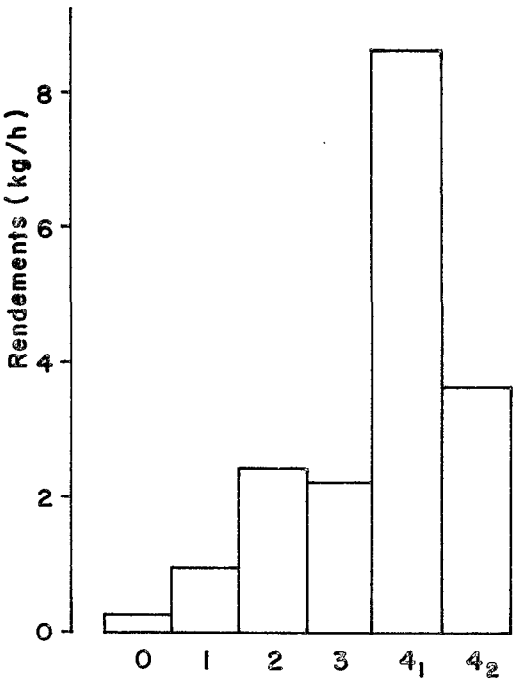


Fig. 5 - Abondance en fonction du type de sédiment

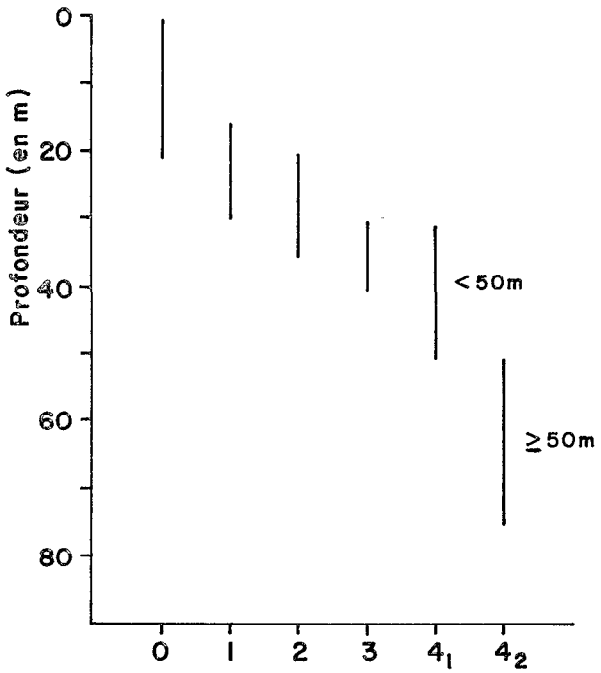


Fig. 6 - Répartition bathymétrique des divers types de sédiments

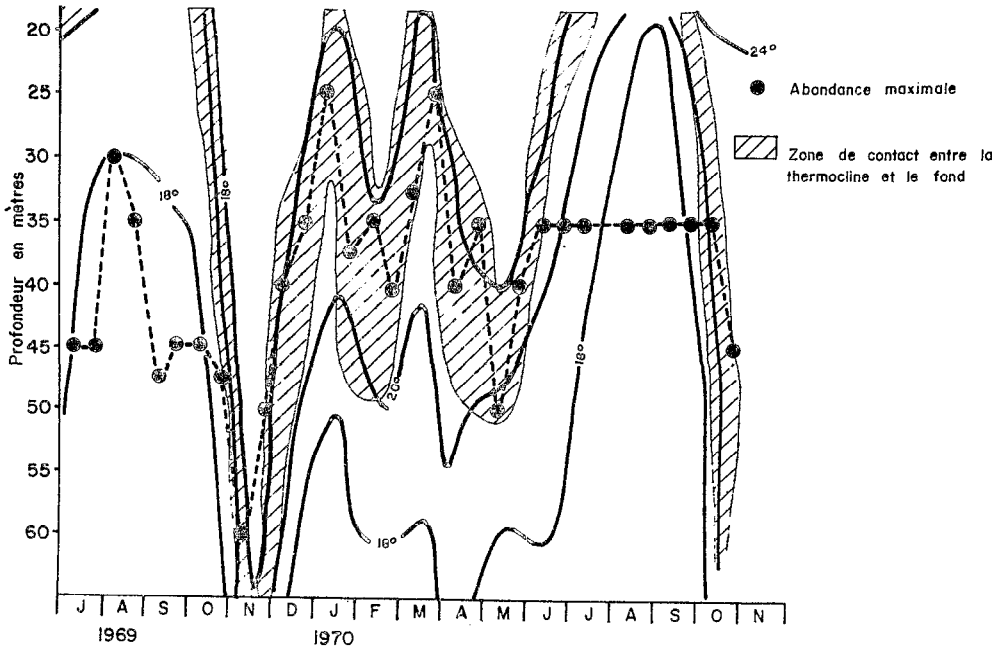


Fig. 7 - Relations entre les distributions spatiotemporelles des rendements de *P. duorarum notialis* et de la température

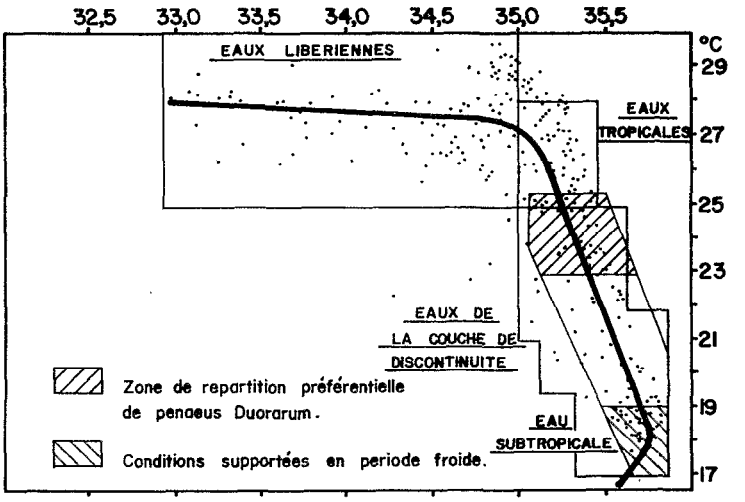


Fig. 8 - Diagramme TS caractéristique des masses d'eau du plateau continental ivoirien et conditions préférentielle de *P. duorarum natialis*

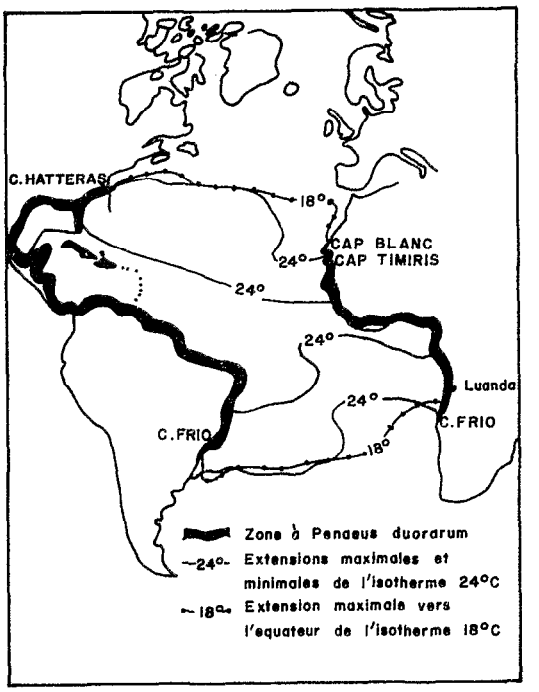


Fig. 9 - Répartition géographique et conditions hydrologiques de surface d'après SCHOTT 1944)

nycthémérales de disponibilité, importantes dans nos régions (GARCIA, FONTENEAU, PETIT, 1973) ne permettait pas de pousser plus loin l'analyse. En revanche, les résultats obtenus par les crevettiers professionnels en 1969-70, consignés de façon précise sur les cahiers de pêche mis à la disposition des patrons, permettent de confirmer et de préciser de façon extrêmement nette la liaison entre la couche de discontinuité et les crevettes.

Nous avons arbitrairement choisi la température pour matérialiser les mouvements des masses d'eau. La figure 7 représente le déplacement des isothermes 18,20 et 24°C sur un diagramme spatio-temporel, réalisé à partir des campagnes mensuelles d'hydrologie sur la radiale de Grand-Bassam (3°49'W). Nous y avons superposé la distribution spatio-temporelle des meilleurs rendements de *Penaeus duorarum notialis* sur cette zone pendant la même période. Nous y avons également figuré la zone de contact entre la "thermocline" et le fond.

En dépit des différences dans les fréquences d'observation respectives des deux paramètres température et abondance, et des incertitudes d'interpolation entre les observations physiques ponctuelles, la concordance entre la position des meilleurs rendements et les déplacements des masses d'eaux est très nette. D'octobre à mai, quand la couche de discontinuité est présente sur le fond, les crevettes en occupent préférentiellement l'horizon supérieur aux environs des 24°C, et se déplacent pour en suivre les mouvements sur le fond. En octobre-novembre et en mai, pendant les deux saisons des pluies, quand la couche des eaux libériennes s'épaissit et que la thermocline s'enfonce, les crevettes s'éloignent du littoral et gagnent des zones plus profondes. Il est symptomatique, qu'au mois de novembre, qui correspond aux crues des grands fleuves et à l'extension verticale maximale des eaux de surface, les crevettes soient confinées aux limites inférieures de leur distribution bathymétrique habituelle. Elles descendent d'ailleurs plus bas pendant le mois de novembre, où les déversements sont plus importants qu'en mai. De juillet à septembre, la thermocline remonte puis disparaît, les eaux libériennes de surface sont repoussées vers le large par l'upwelling côtier et l'eau centrale sud atlantique froide baigne tout le littoral. Les crevettes doivent alors supporter des conditions autres que les conditions optimales qu'elles recherchaient en saison chaude.

Notons qu'en mars, en pleine saison sèche, les eaux libériennes dessalées disparaissent. Ce phénomène est souvent accompagné d'une remontée de la thermocline. D'excellents rendements sont alors exceptionnellement obtenus, à 14 mètres, tous les ans.

On peut donc conclure, dans le même sens que CROSNIER, en précisant le phénomène : *P. duorarum notialis* est lié aux eaux de la couche de discontinuité de 18 à 24°C, bien que sa présence puisse être observée en très faible abondance au delà de ces limites. Il occupe préférentiellement l'horizon supérieur de cette couche d'eau aux environs de 24°C. Il évite systématiquement les eaux libériennes en effectuant des migrations bathymétriques importantes. En saison froide, il est amené à supporter les conditions régnant à la base de la couche au niveau du maximum de salinité (17 à 18° et 35,8 ‰) ; cependant sa présence dans des eaux aussi froides peut être considérée comme forcée.

Nous avons choisi la température comme paramètre de référence. Nous aurions pu aussi prendre la salinité. Le diagramme T.S. de la figure 8 montre que les températures avoisinant 24°C sont associées à des salinités comprises entre 35 et 35,5 ‰. La préférence mise en évidence pour les eaux proches de 24°C peut donc également correspondre à une préférence marquée pour des eaux comprises entre 35 et 35,5 ‰ car les eaux supérieures à 24°C sont le plus souvent dessalées.

Le phénomène observé peut donc se résumer comme suit : il existe une liaison étroite entre les crevettes et la couche de mélange ou, plus particulièrement, la zone frontale d'interface qui sépare les eaux libériennes des eaux de mélange. Les crevettes restent juste en dessous de cette interface et en suivent les oscillations saisonnières.

Les rôles respectifs des principaux paramètres mesurés, température et salinité, dans la genèse de ce comportement sont difficiles à séparer. Nous en proposerons cependant une interprétation à la fin de ce chapitre.

c) Rôle des facteurs hydrologiques dans la répartition géographique.

Sur la côte d'Afrique, l'espèce est rencontrée depuis le Cap Blanc (Mauritanie) (MAURIN, 1968) jusqu'en Angola. RIBEIRO (1970) indique 13°S comme la limite de distribution, mais des individus isolés sont rencontrés jusqu'à 18°S au Cap Frio. Ces limites biogéographiques coïncident parfaitement avec celles que POSTEL (1962) propose pour la province centrale ou guinéenne. En revanche, elles débordent de plus de 10° au nord de la province tropicale d'EKMAN (1953). Nous avons vu plus haut que cette distribution correspond à l'extension de l'isotherme moyen annuel 20°C (BURKENROAD, 1939). Il est cependant préférable de remplacer, ainsi que le souligne POSTEL (1968) cette notion de moyenne, qui constitue une perte d'information, par la notion de variations saisonnières ou de gamme de températures supportées.

Si l'on se réfère aux cartes de température de surface de SCHOTT (1944) ou MAZEIKA (1968) les limites de distribution coïncident (fig.9) :

- d'une part avec l'extension maximale estivale des eaux à 24°C dans les deux hémisphères,

- d'autre part avec l'extension maximale hivernale des eaux à 18°C vers l'équateur.

En d'autres termes, les zones à *P. duorarum* sont baignées en surface par des eaux qui atteignent toujours 24°C, ou plus, pendant au moins une partie de l'année, mais ne descendent jamais au-dessous de 17-18°C. Au niveau du fond, les températures ne descendent pas au-dessous de 15-16°C.

d) Essai d'interprétation.

Bien que les rôles respectifs des deux principaux paramètres, température et salinité soient difficiles sinon impossibles à séparer on peut essayer de proposer une interprétation des phénomènes observés.

Considérons tout d'abord la température : bathymétriquement et géographiquement la distribution des crevettes semble limitée par une température minimale de 15-16°C. D'autre part, ces eaux atteignent au moins 24°C pendant une partie de l'année. Ces observations doivent être rapprochées de celles de FUSS et OGREN (1966) qui montrent expérimentalement que, si l'activité de *P. duorarum duorarum* est maximale entre 25 et 30°C. Elle diminue de 50 % à 15°C et ils ajoutent "it seems that the lower limit for penaeïd activity is about 14 to 16°C". Les variations observées dans la répartition bathymétrique pourraient donc correspondre à la recherche d'un préférendum permettant un métabolisme élevé, nécessaire par exemple en période de reproduction. Ceci pourrait expliquer la prédominance des femelles âgées à la côte en

saison chaude (voir paragraphe 5.2.2.- b). D'ailleurs lorsque ce préférendum est hors d'atteinte, comme c'est le cas en saison froide, où les eaux chaudes ont disparu, la ponte est pratiquement arrêtée.

Dans le cadre d'une telle interprétation on peut logiquement supposer qu'à moins d'une parfaite adaptation physiologique, de telles perturbations du métabolisme doivent se produire aux limites extrêmes de la distribution géographique, qui sont le siège d'un balancement saisonnier des isothermes, et où la température oscille entre 18° et 24°C en surface. Ces perturbations se traduiraient pas des modifications du comportement ou par des migrations hivernales vers des zones plus proches de l'optimum. De telles migrations ont en effet été mises en évidence ou suggérées par Mc COY et BROWN (1967) pour *P. duorarum duorarum*, LINDNER et ANDERSON (1956) pour *P. setiferus* et BURKENROAD (1939) pour *P. aztecus* en Caroline du Nord. Au Sénégal GARCIA, FONTENEAU et PETIT (1973) ont suggéré des modifications du rythme d'activité sur les fonds de pêche du Cap Roxo en saison froide. Ces observations se rapportent à la limite nord de la zone de distribution. Il n'existe à notre connaissance aucune étude écologique au Brésil ou en Angola qui permettrait de vérifier le phénomène dans l'extrême sud de la zone.

Considérons maintenant la salinité. Nous avons signalé précédemment la rareté des renseignements hydrologiques et la relation soulignée par BURKENROAD (1939) entre la répartition de *P. duorarum* et la salinité dans le Golfe du Mexique ainsi que les incohérences apparentes que comporte cette relation si l'on considère la côte ouest africaine. Si l'absence de *P. duorarum* est fortement confirmée au delà du Surinam (JONES et DRAGOVITCH, 1973 et FAUSTO FILHO, 1968), cette espèce, bien que nettement surclassée en abondance par *P. aztecus*, existe à proximité du delta du Mississipi où elle est d'ailleurs exploitée (OSBORN, MAGHAN et DRUMMOND, 1969). Il n'en reste pas moins que son abondance sur la côte américaine diminue fortement quand la salinité de surface diminue et que, dans des conditions de dessalure superficielle identique sinon plus accentuée, cette espèce colonise seule tout le Golfe de Guinée. En réalité, la bande littorale de ce golfe est, le plus souvent, à l'abri des dessalures superficielles, grâce à une thermocline, doublée d'une halocline subsuperficielle vers 30 m et nous avons vu que les crevettes vivaient préférentiellement sous cette interface dans des eaux supérieures à 35 ‰. Même dans la zone du delta du Niger, où le maximum de la distribution est plus côtier, cette observation semble valable car la thermocline y est rencontrée selon LEMASSON et REBERT (1973b) à une profondeur de 20 m. Des études seraient cependant nécessaires pour le confirmer. Au niveau des estuaires du Kouilou et du Congo où les crevettes peuvent être pêchées entre 10 et 30 m (LE GUEN comm. pers.) l'influence du fleuve ne se fait pas sentir en dessous de 20 m en grande crue et de 5 à 10 m en étiage (DONGUY, HARDIVILLE et LE GUEN, 1964).

Il est donc certain que, malgré les fortes dessalures de surface caractéristiques du Golfe de Guinée, *P. duorarum* doit y être considéré comme une espèce sténohaline à l'état adulte et dont les biotopes sont à l'abri des dessalures d'origine continentale grâce à l'existence d'une thermocline doublée d'une halocline subsuperficielle. L'incohérence relevée par BURKENROAD (1939) semble donc effacée et nos observations tendent à renforcer son hypothèse d'une action directe de la salinité sur la répartition géographique des adultes le long de la côte ouest-atlantique.

Elles tendent également à rendre caduque l'hypothèse qu'il avait émise, pour tenter de justifier l'incohérence, d'une compétition à l'état larvaire entre *P. aztecus* et *P. duorarum*. Il n'est cependant pas certain qu'elle doive être rejetée pour autant.

3.4.- Conclusions.

Penaeus duorarum adulte occupe une aire géographique bien définie dans laquelle les eaux de surface atteignent au moins 24°C dans l'année, et descendent rarement au-dessous de 18°C. Les températures au fond peuvent être au minimum de 15 à 16°C. Ces températures correspondent à des exigences écologiques : 15°C représente le minimum requis pour permettre l'activité, et cette activité est maximale à partir de 24°C. L'espèce peut certainement supporter des températures plus élevées à condition que ces eaux chaudes ne soient pas également dessalées, comme c'est souvent le cas sur les côtes africaines.

A l'intérieur de cette zone son extension peut être limitée ou inhibée par une dessalure trop importante (S ‰ $<$ 35 ‰). C'est probablement le cas dans les embouchures du Mississipi ou de l'Amazone, où la compétition d'espèces plus tolérantes est peut-être favorisée.

Dans les zones hydrologiquement convenables la présence de concentrations exploitables est subordonnée à la présence d'estuaires ou de lagunes. Au voisinage des débouchés la répartition géographique de détail et la limite supérieure de la distribution bathymétrique sont conditionnées par la nature du sédiment, dont la teneur en lutites doit dépasser 25 %. Les concentrations d'intérêt commercial ne sont rencontrées que sur des fonds dont la teneur en lutites dépasse 50 et surtout 75 %. La distribution bathymétrique qui s'étend le plus souvent de 25 à 60 m avec un maximum de 30 à 50 m est, en particulier, moins profonde à l'est des embouchures de lagune en Côte d'Ivoire où ces sédiments sont plus littoraux. Il en est de même au niveau du delta du Niger où le maximum est observé vers 25 m.

Cette distribution bathymétrique dépend également des conditions hydrologiques. Les crevettes fréquentent préférentiellement les eaux de la couche de discontinuité, surtout au niveau du sommet de cette couche vers 24°C et 35 ‰. La zone d'abondance maximale varie saisonnièrement en suivant les oscillations de cette couche.

La limite inférieure de la distribution, vers 60 m, correspond en Côte d'Ivoire et dans tout le Golfe de Guinée :

- à la profondeur maximale atteinte par l'isotherme 24° et la thermocline pendant la saison chaude ; c'est donc la limite extrême à laquelle se font sentir les eaux libériennes dessalées et les stimulis continentaux ;

- à la profondeur moyenne de l'isotherme 18°C marquant la transition entre la couche de discontinuité et l'eau centrale sud atlantique ;

Au-dessus de 60 m, la température des eaux au fond est rarement inférieure à 16°C, et égale à 24°C au moins une partie de l'année. Ces conditions thermiques offrent une similitude remarquable avec celles qui caractérisent la distribution géographique et indiquent que l'espèce est étroitement liée aux eaux tropicales superficielles à l'exclusion, toutefois, de leur faciès dessalé des eaux guinéennes ou libériennes.

Notons que la limite inférieure vers 60 m n'est pas propre à *P. duorarum notialis* mais caractérise toute une gamme d'espèces côtières benthiques et démersales.

4 - REPARTITION DES TAILLES ET SEX-RATIO.

4.1.- Répartition bathymétrique des tailles.

Au cours des 31 campagnes de chalutage effectuées sur la radiale de Grand-Bassam en 1966-67 et 1969-70, 19 000 puis 40 000 crevettes des deux sexes ont été mesurées, en longueur totale (LT) en 1966-67, puis en longueur céphalothoracique (LC) en 1969-70.

La taille moyenne des mâles et des femelles a été calculée à chaque campagne, pour chaque immersion, ainsi que la moyenne annuelle correspondant à chacune des profondeurs échantillonnées. Nous n'avons représenté que les résultats obtenus pour les femelles (fig.10). Le schéma est identique pour les mâles ; les immersions moyennes sont occupées par des crevettes de taille moyenne, les immersions extrêmes sont occupées par des crevettes de grande taille. Ce schéma de distribution a été retrouvé devant Fresco et Tabou pendant les campagnes de prospection en août-septembre 1968 (fig.11). Bien que ces derniers résultats reposent sur une seule série de chalutages, ils indiquent que le phénomène est général sur le plateau ivoirien.

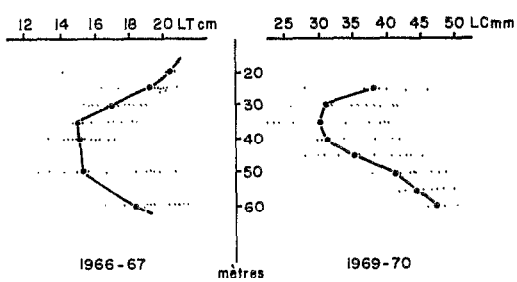


Fig. 10 - Répartition bathymétrique moyenne annuelle des tailles sur la radiale de Grand Bassam (femelles).
. Tailles moyennes observées
. Moyenne annuelle

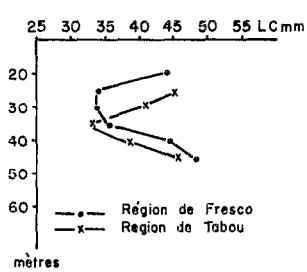


Fig. 11 - Répartition bathymétrique des tailles en août-septembre 1968 (femelles)

Ce type de distribution ne correspond pas aux schémas généralement admis sur la côte américaine, selon lesquels les jeunes occupent les plus petits fonds, la taille moyenne augmentant avec la profondeur (IVERSEN, JONES et IDYLL, 1960). En revanche, en baie de Biafra BURUKOWSKI (1968) semble avoir observé le même phénomène. Selon lui les jeunes sont confinés entre 40 et 45 m et les adultes existent à toutes les immersions. Ils dominent donc aux deux extrêmes.

4.2.- Etude du sex-ratio.

4.2.1.- Le sex-ratio à la migration.

Après deux à trois mois de séjour en lagune, les juvéniles entreprennent leur grande migration vers la mer. Au cours de cette migration ils sont exploités par une pêcherie artisanale utilisant des filets fixes (GARCIA, 1972). 45 échantillons de ces captures ont été prélevés dans la lagune Tagba d'avril 1969 à décembre 1971, et 28 en lagune Ebrié de mars 1969 à février 1970. Le sex-ratio global observé a été respectivement de 50,0 et 50,2 % de femelles. Il n'est cependant pas constant et présente des variations en fonction de la taille, ainsi que des variations saisonnières cycliques.

a) Variations en fonction de la taille.

Les 9 428 crevettes mesurées en lagune Tagba ont été regroupées en deux couches d'abondance sur la figure 12 A. Les valeurs moyennes calculées sont de 16,88 mm pour les femelles, et 16,23 mm pour les mâles. Ces moyennes bien que très proches, sont significativement différentes au seuil de 0,01 (t = 11,8). Le même traitement appliqué aux 4 977 crevettes mesurées en lagune Ebrié (fig.13) donne des valeurs très proches (16,86 mm pour les femelles et 16,50 mm pour les mâles) dont la différence est également significative au seuil de 0,01 (t = 21,7). Ce léger décalage dans les moyennes se traduit par une variation du sex-ratio en fonction de la taille. Les deux courbes obtenues sur les figures 12B et 13B mettent en évidence deux phénomènes

- La branche droite des courbes traduit le décalage entre les moyennes et indique que la différence dans les vitesses de croissance, qui deviendra en mer une caractéristique majeure (BERRY 1967, GARCIA et al. 1970), est déjà perceptible au moment de la migration.

- La branche gauche, cohérente et similaire pour les deux groupes d'observations, indique probablement, bien que portant sur une faible portion de la population, une différence de vulnérabilité des sexes vis-à-vis des filets. Ce phénomène, que nous retrouverons en mer, sera discuté dans un paragraphe ultérieur.

b) Variations saisonnières.

Les échantillons traités ont été regroupés par mois et le sex-ratio moyen calculé pour chaque mois. Les résultats obtenus pour la lagune Tagba sont regroupés dans le tableau suivant :

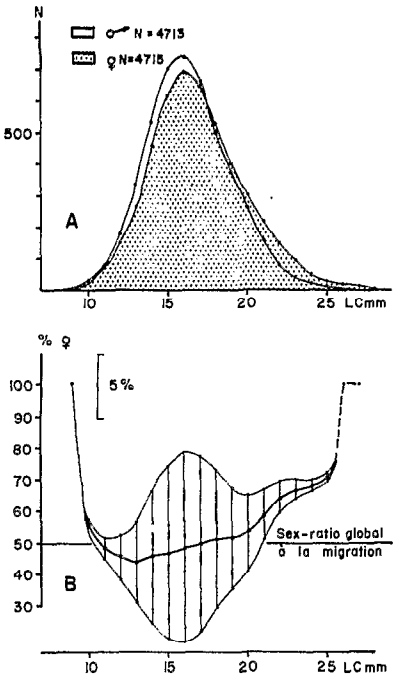


Fig. 12 - Lagune Tagba

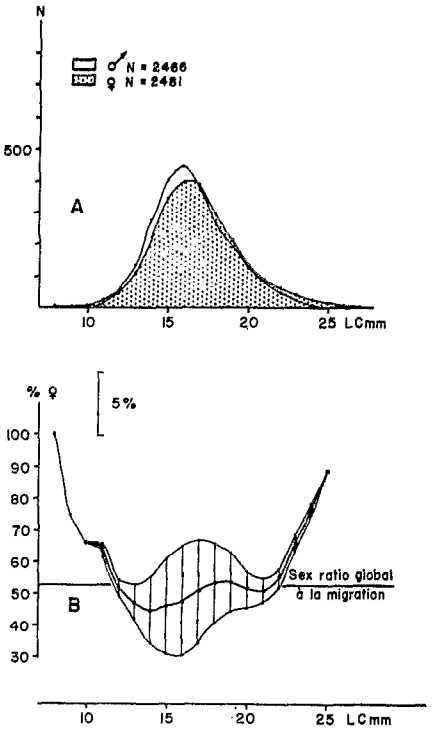


Fig. 13 - Lagune Ebrié

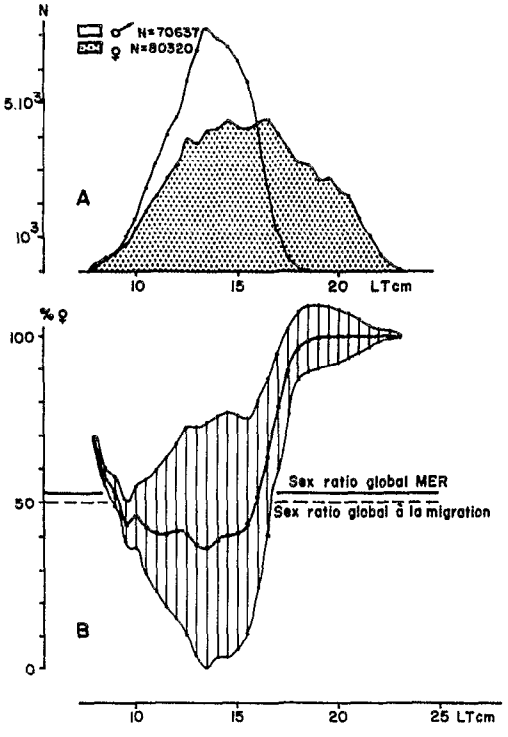


Fig. 14 - Grand Bassam (1966-67)

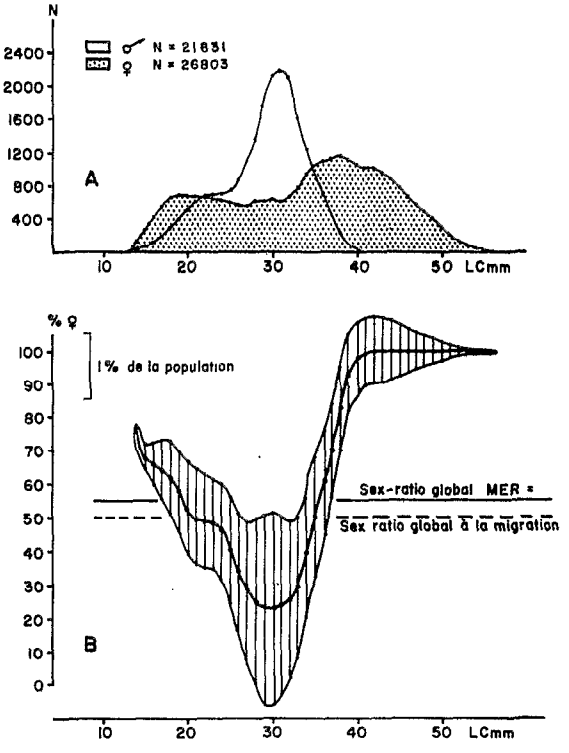


Fig. 15 - Grand Bassam (1969-70)

A) courbe d'abondance des tailles

B) sex-ratio en fonction de la taille (les lignes verticales sont proportionnelles à l'abondance de chaque classe, en % dans la population.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
sex-ratio = % ♀	51,8	58,1	49,4	46,5	48,1	46,4	48,1	36,3	47,3	51,3	51,0	56,2
Nombre d'échantillons	4	3	3	4	3	3	3	2	4	5	6	5

Les valeurs les plus fortes sont obtenues de décembre à février en pleine saison chaude. Les valeurs les plus faibles sont obtenues en août pendant la saison froide. Le phénomène, bien que moins marqué en lagune Ebrié est comparable et marque un maximum en mars et un minimum en août. Si l'on compare ces observations à celles de GARCIA (1972), il apparaît qu'en Côte d'Ivoire les femelles dominent quand l'abondance est maximale et la taille minimale. BEARDSLEY (1967) en Floride montre un phénomène analogue. Il ne peut affirmer qu'il soit saisonnier ; cependant, la relation qu'il observe entre les variations de taille, d'abondance et de sex-ratio est identique. DE BONDY (1968) au Sénégal signale des fluctuations saisonnières. Le pourcentage de femelles le plus élevé correspond bien également à des abondances maximales en juillet-août ; mais il observe, en octobre, un maximum secondaire correspondant à une migration très faible. Il ne paraît donc pas possible dans l'état actuel des connaissances de proposer une hypothèse expliquant ce phénomène, on retiendra cependant :

a) qu'il semble général,
b) qu'il est cyclique à l'échelle de l'année,
c) qu'il apparaît une liaison entre l'abondance et le sex-ratio.

4.2.2.- Le sex-ratio en mer.

Calculés globalement pour les deux campagnes 1966-67 et 1969-70, les sex-ratios sont respectivement de 52,7 et 55,1 % de femelles. Là encore le sex-ratio n'est pas uniforme et varie. IVERSEN et al. (1960) ayant observé de telles variations, concluèrent qu'elles résultaient soit d'une ségrégation des sexes, soit d'un échantillonnage biaisé.

On observe en Côte d'Ivoire des variations en fonction de la taille, de la profondeur et des saisons.

a) Variations en fonction de la taille (figs.14 et 15).

Les courbes obtenues sont assez similaires à celles trouvées en lagune. La partie droite de la courbe, au delà de 20 mm (LC) ou 10 cm (LT) traduit la différence entre les lois de croissance des mâles et des femelles (BERRY, 1967 ; GARCIA et al., 1970 ; GARCIA, 1973).

La partie gauche de la courbe, plus interessante, montre un taux de femelles supérieur à la normale en-deça de 20 mm (LC). Le phénomène est mieux marqué en 1969-70, campagne pour laquelle nous avons utilisé un chalut à mailles plus

fines (mailles étirées de 28 mm au lieu de 40 mm en 1966-67). Il semble donc que la différence de vulnérabilité observée entre les deux sexes soit liée au maillage. A longueur céphalothoracique égale les femelles seraient mieux retenue par le chalut. Cette hypothèse implique un dimorphisme sexuel. Un tel dimorphisme, qui pourrait porter sur la hauteur ou le diamètre du céphalothorax, a été observé par MASSUTI (1960) chez *Parapenaeus longirostris* (LUCAS) où, à longueur égale, les mâles ont un céphalothorax moins haut.

b) Variations en fonction de la profondeur (fig. 16).

Les courbes obtenues sont similaires pour les deux années d'observations. Si l'on compare l'évolution bathymétrique du sex-ratio, des tailles et de l'abondance numérique, la structure de la population apparaît nettement.

Au-dessus de 30 m on trouve un petit nombre d'individus de grande taille où les femelles dominent largement. DE 30 à 50 m se trouve la fraction la plus jeune de la population. Elle est composée d'un grand nombre d'individus de taille moyenne ou petite. Leur sex-ratio est proche de la normale, mais on note cependant une nette différence de part et d'autre de la ligne des 35-40 m. Les femelles y sont proportionnellement plus côtières.

Au delà de 50 m on retrouve un petit nombre d'individus de grande taille où les mâles dominent.

L'examen de la répartition bathymétrique de l'abondance,en nombre, pour les deux sexes montre que le phénomène résulte d'un léger décalage dans les distributions respectives et non pas d'une réelle ségrégation.

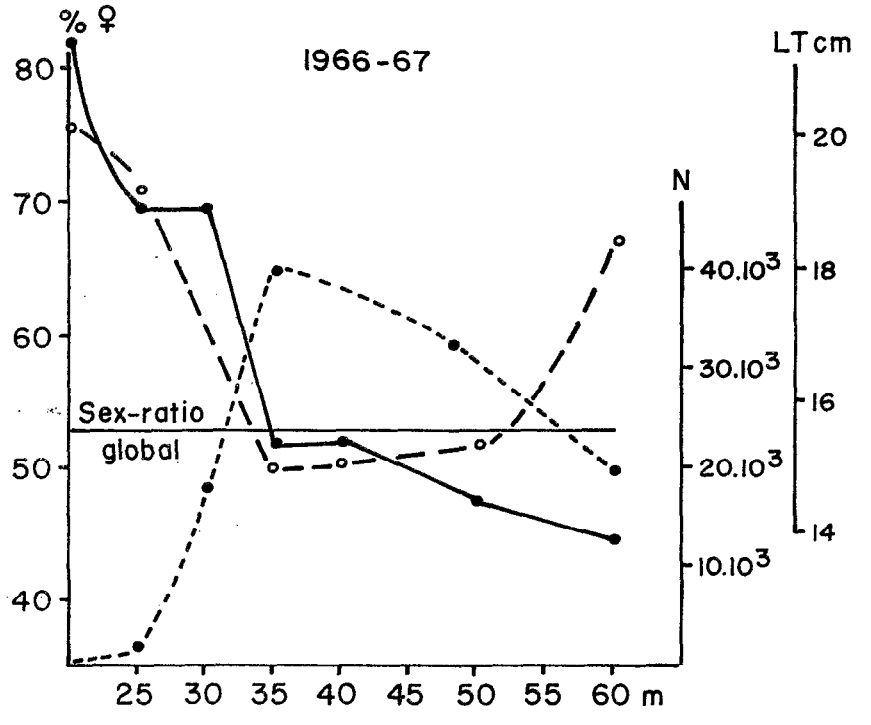
Notons que BURKENROAD (1939) dans le Golfe du Mexique, trouve une distribution inverse. Les femelles sont mieux représentées aux profondeurs les plus élevées.

Cette répartition des sexes est une moyenne annuelle et il est intéressant d'en définir les variations saisonnières.

c) Variations saisonnières.

Un premier examen des variations à chaque immersion montrait que l'on pouvait distinguer deux groupes de sondes : d'une part les immersions de 20 à 45 m, d'autre part celles comprises entre 50 et 60 m. Les données correspondantes ont donc été régroupées (fig. 17).

La concordance entre les courbes obtenues pour 1966-67 et 1967-70 est bonne. Au delà de 45 m le sex-ratio est favorable aux mâles pendant toute la saison chaude, d'octobre à juin. Il devient nettement favorable aux femelles en juillet-août-septembre, pendant la saison froide. DE 20 à 45 m le phénomène est inverse pendant la saison chaude et plus confus pendant la saison froide. Cela résulte d'une hétérogénéité des données pour cette saison. L'analyse des sex-ratios obtenus à chaque radiale en 1966-67 et 1969-70 a montré que l'on pouvait les rattacher à 3 types de distribution principaux. Nous avons donc regroupé les résultats en conséquence et calculé 3 distributions moyennes représentées sur la figure 18



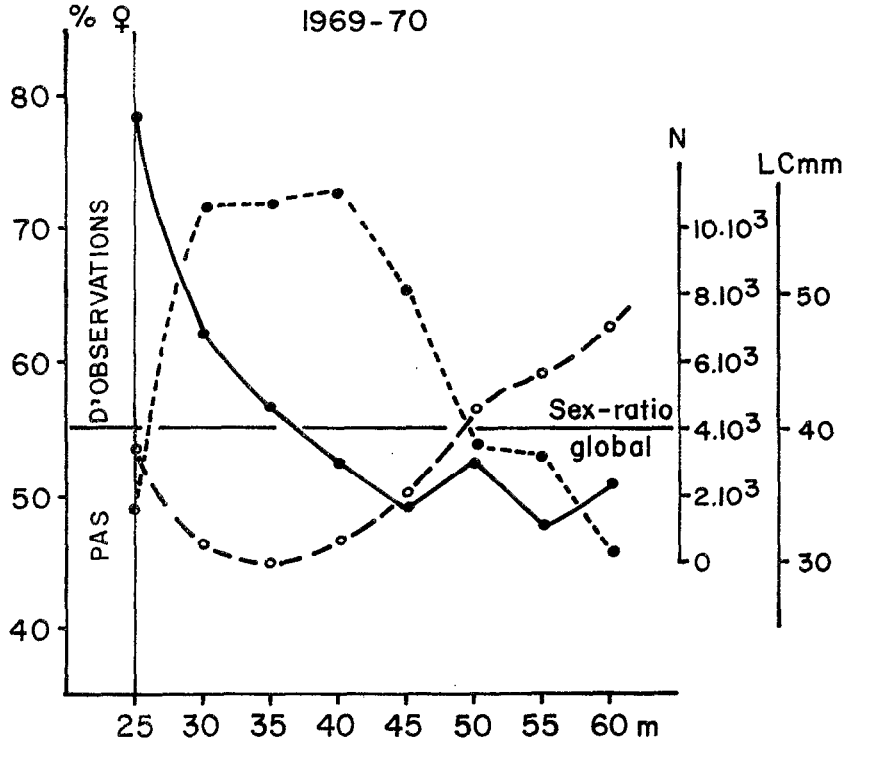


Fig. 16 - Variation bathymétrique de l'abondance numérique (.---.
de la taille moyenne (— — —) et du sex-ratio (——)

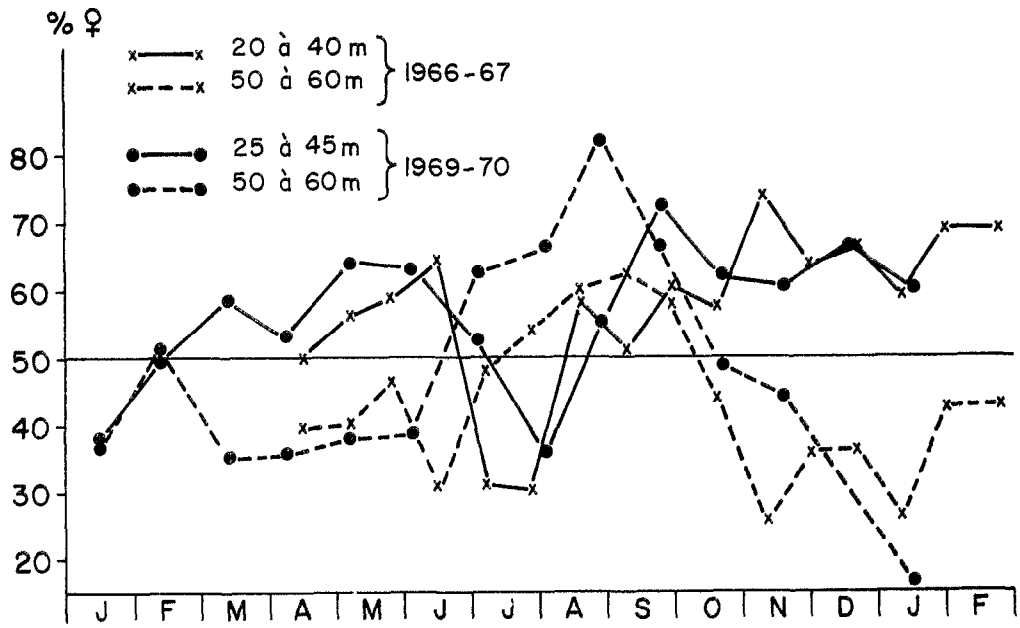


Fig. 17 - Variations saisonnières du sex-ratio à la côte et en profondeur

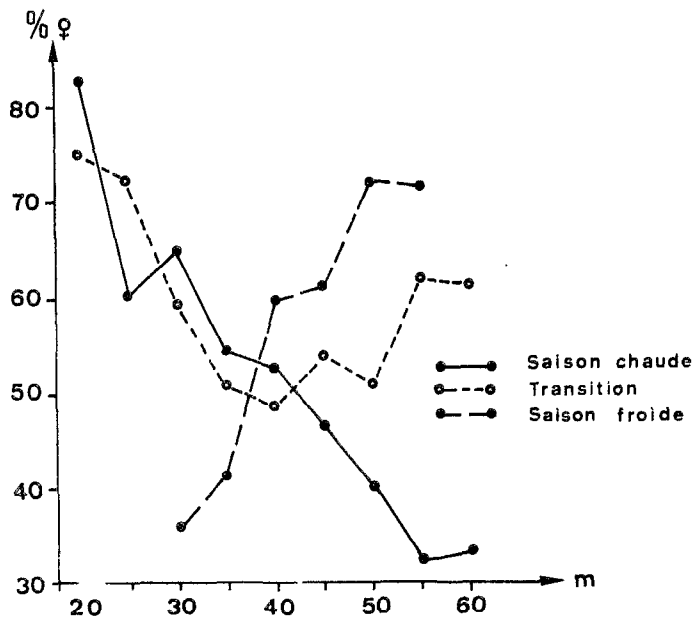


Fig. 18 - Répartition bathymétrique moyenne des sex-ratios observés à différentes saisons

- en saison chaude, d'octobre à juin, les mâles dominent en profondeur et les femelles à la côte,

- en pleine saison froide au mois d'août les mâles dominent à la côte et les femelles en profondeur,

- pendant les périodes de transition, en juillet et en septembre le schéma est intermédiaire : les femelles dominent aux deux extrêmités.

A deux reprises pendant la saison chaude nous avons observé également un type intermédiaire correspondant probablement aux refroidissements apériodiques très courts qui caractérisent cette saison (MORLIERE, 1970).

4.3.- Conclusions.

Pendant la grande migration le sex-ratio est dans l'ensemble proche de la normale mais subit des variations saisonnières cycliques liées à l'abondance.

Le sex-ratio varie avec la taille, en lagune et en mer, d'une part à cause de la différence entre les vitesses de croissance des deux sexes, et probablement, d'autre part, à cause d'un phénomène de sélectivité différentielle des maillages vis-à-vis des sexes.

La structure de la population adulte est bien caractérisée. L'abondance est maximale au centre et à ce niveau se trouvent les individus les plus jeunes. Les individus âgés encadrent la distribution. A la suite d'un décalage entre les distributions respectives des mâles et des femelles, le sex-ratio varie avec la profondeur. Les femelles dominent à la côte la plupart du temps. En saison froide le phénomène s'inverse en passant par une phase de transition.

CHAPITRE II

ÉTUDE DES VARIATIONS QUOTIDIENNES DES RENDEMENTS ET DE LEURS RELATIONS AVEC L'HYDROCLIMAT

ESSAI DE GÉNÉRALISATION AU GOLFE DE GUINÉE

La plupart des penaeïdes suivent un rythme quotidien d'activité qui se traduit, au niveau de l'exploitation, par des variations journalières des rendements, dues à des variations de la vulnérabilité des individus vis à vis des engins de pêche.

Les penaeïdes sont en général considérés comme des animaux nocturnes qui restent inactifs, enfouis, pendant la journée. Il existe quelques exceptions : *Penaeus setiferus* serait active pendant la journée (YDYLL, 1950 cité par HUGUES, 1969), *P. plebejus* et *Metapenaeus macleayi* le seraient seulement au lever du soleil (RACEK, 1959). Les observations de CROSNIER (1965) et HUGHES (1969) sur *P. indicus* semblent indiquer qu'elle ne présente pas de rythme net et qu'elle ne s'enfouit jamais. CHABANNE et PLANTE (1971) en revanche trouvent une activité essentiellement diurne.

Peaneus duorarum est décrite par tous les auteurs d'outre Atlantique comme une espèce typiquement nocturne : ELDRED et al. (1961), FUSS (1964), FUSS et OGREN (1966), WICKHAM (1967), pour ne citer que les plus récents travaux.

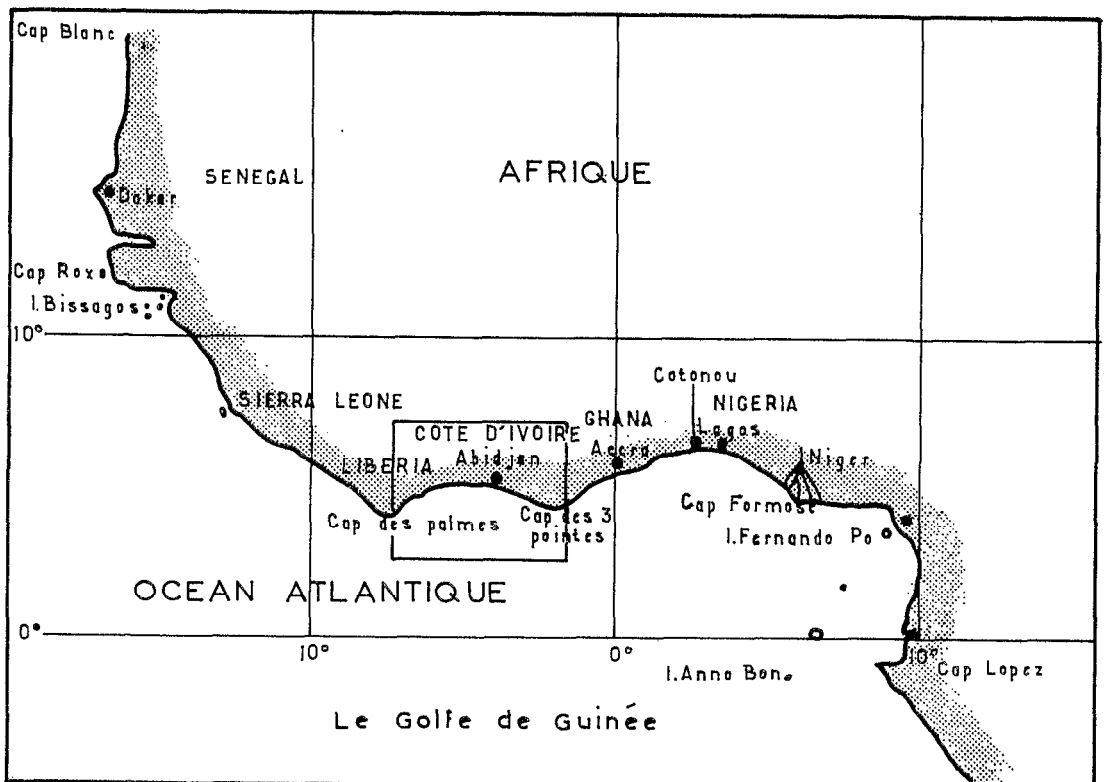
Les meilleurs rendements sont obtenus de nuit sauf dans certaines conditions particulières de turbidité élevée des eaux. Des prises importantes peuvent alors être réalisées de jour (FUSS, 1964).

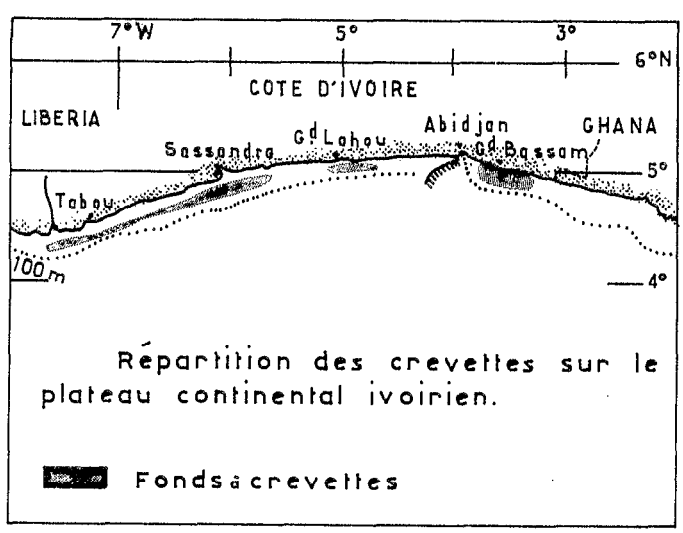
L'étude expérimentale par HUGHES (1969) du cycle d'activité, montre l'existence d'un rythme interne persistant, oscillant en phase avec le cycle jour-nuit, et dont la chute d'intensité lumineuse au crépuscule représente le stimulus d'entraînement du rythme.

Sur la côte ouest-africaine, les observations sont, en apparence du moins, contradictoires. Au Cameroun CROSNIER (1964) a obtenu en août les rendements les plus élevés la nuit. CROSNIER et BERRIT (1966) au Dahomey, n'ont pas observé de différence nette. RAITT et NIVEN (1966) ont observé au Nigéria les rendements maximum de jour en novembre et en août. Les résultats obtenus la même année par des crevettiers professionnels indiquent de janvier à mai des rendements maximum de nuit. Ces deux groupes d'observations contradictoires n'ont pas permis à leurs auteurs de tirer de conclusions. THOMAS (1966), également au Nigéria, obtient des rendements maximum de nuit entre février et mai.

Sur les côtes du Cameroun et du Nigéria, LE GUEN et CROSNIER (1968) observent, en saison chaude, des rendements qui diminuent dans la journée, et sont maximum à l'aube et au crépuscule. En saison froide ils sont maximum de 3 à 13 heures et minimum de 17 à 24 heures. De BONDY (1968) au Sénégal, ne peut mettre en évidence de rythme significatif. Il distingue cependant une période (janvier à mars) où le rythme n'est pas net, et une période (de mars à juillet) où les rendements sont maximum de jour.

D'après FONTANA et BA M'BAYE (1972) les rendements les meilleurs sont toujours obtenus de nuit au Gabon. GARCIA et FONTENEAU (1971) en Côte d'Ivoire,





Répartition des crevettes sur le plateau continental ivoirien.

Fonds à crevettes

Fig.19

suggèrent que ce rythme d'activité suit des variations saisonnières analogues à celles de la turbidité générale des eaux.

Ce rythme peut en théorie, être perturbé par des modifications des caractéristiques du milieu, et l'on essaiera dans cette étude de définir les relations entre les variations saisonnières du rythme d'activité sur la côte ouest-africaine, et l'hydroclimat des lieux de pêche. Cet hydroclimat sera décrit de façon très succincte, en insistant surtout sur la transparence des eaux.

1.- HYDROCLIMATS

Les travaux de BERRIT (1952 et 1962), LONGHURST (1962 et 1964), ROSSIGNOL et ABOUSSOUAN (1965), CHAMPAGNAT et coll. (1969), CREMOUX (1970 et 1971), MORLIERE (1970) et MORLIERE et REBERT (1972) permettent de distinguer trois types de zones hydroclimatologiques différents dans le Golfe de Guinée. Une zone d'upwellings, des zones d'oscillation de fronts, et des zones de permanence d'eaux chaudes. Seuls les deux premiers types sont concernés par cette étude.

1.1.- Caractéristiques générales

1.1.1.- Les zones d'upwellings (fig.20).

Elles s'étendent du Cap des Palmes à Lagos et sont caractérisées par des remontées saisonnières de la thermocline. L'hydroclimat est alors la résultante de deux phénomènes de base.

- D'une part un cycle lié à la dynamique générale du Golfe, avec une salinité maximale et une température élevée pendant la saison chaude (de décembre à avril), des salinités minimales en juin et en octobre, correspondant aux pluies et aux décharges maximales des rivières.
- D'autre part, un upwelling en juillet-août-septembre. C'est la saison froide. La salinité augmente et peut, en août, masquer la dessalure due aux pluies, d'autant plus que ce mois correspond à une petite saison sèche plus ou moins bien marquée et donc à un ralentissement des déversements continentaux.

Une bonne description de ces phénomènes est donnée par MORLIERE et REBERT (1972) pour le plateau continental ivoirien.

L'upwelling, et par conséquent le refroidissement, sont moins importants dans la partie orientale du Golfe.

1.1.2.- Les zones d'oscillation de fronts (fig.21 et 22).

Elles se situent entre les Iles Bissagos et le Cap Blanc d'une part, entre le Cap Lopez et le Cap Frio d'autre part. Nous ne nous intéresserons qu'à la première, ou zone sénégambienne où se trouve le fond de pêche du Cap Roxo, l'un des plus importants du Sénégal. Les mesures hydrologiques y étant assez éparses, nous considèrerons aussi celles de la station côtière de M'BOUR où le climat est sensiblement voisin (CREMOUX, 1970 et 1971).

L'hydroclimat y est caractérisé par une saison froide correspondant à l'hiver boréal, de décembre à avril. La salinité y est élevée et supérieure à 35‰, les eaux riches et turbides.

La saison chaude, de mai à novembre, correspond au passage des eaux guinéennes chaudes et dessalées. Cette dessalure est accentuée par les décharges des fleuves en septembre-octobre.

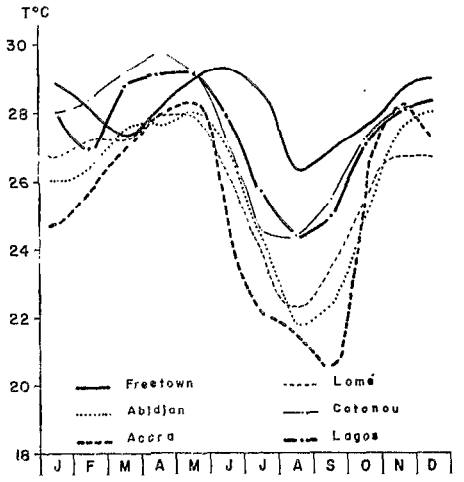


Fig. 20 - Température de l'eau dans les zones d'upwellings, d'après des données de LONGHURST (1962 et 1964)

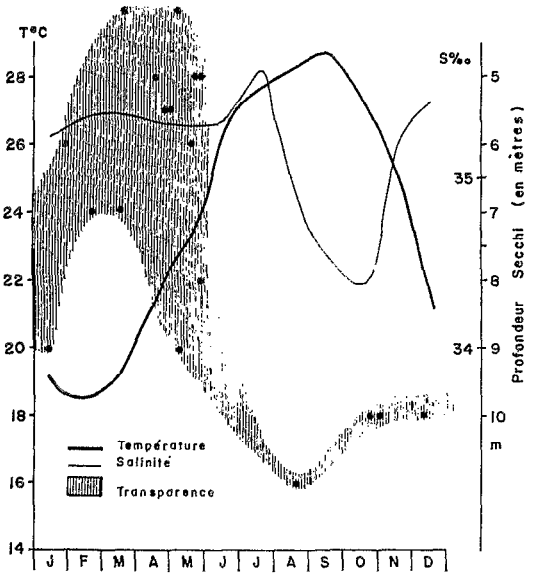


Fig. 21 - Salinité et température à la station côtière de M'Bour (Sénégal) d'après CREMOUX (1971)

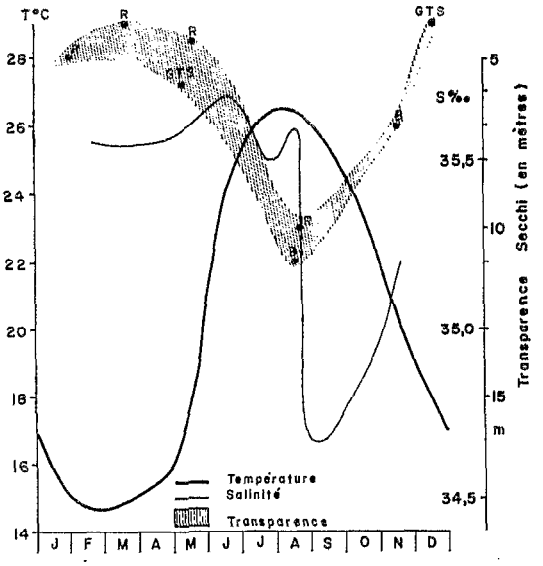


Fig. 22 - Conditions hydroclimatiques au Cap Roxo (Sénégal)
- température sur le fond à 50 m
- salinité au fond, de 38 à 50 m
- transparence sur les fonds de 21 à 22 m d'après les données de De BONDY (1968), CHAMPAGNAT et al. (1969), CREMOUX (1970)

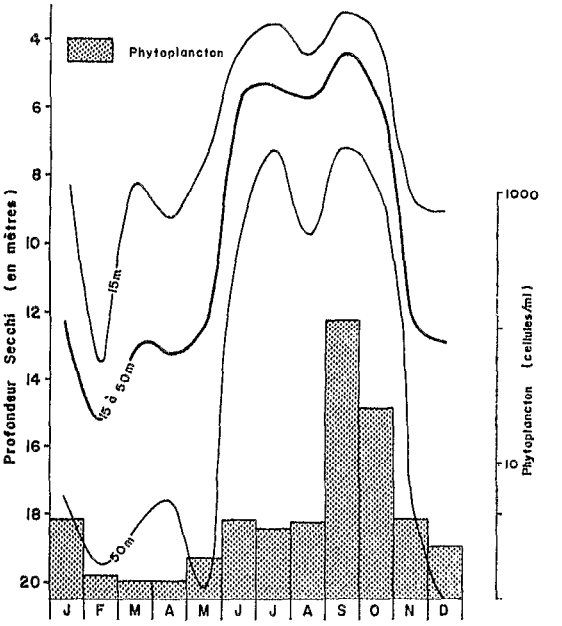


Fig. 23 - Transparence sur la radiale de Grand Bassam, Côte d'Ivoire (1966-1970) - Abondance du phytoplancton à la station côtière d'Abidjan-Vridi en 1971, d'après DANDONNEAU 1972

1.2.- La transparence

C'est un facteur important pour la biologie des pêches, souvent négligé dans les études hydrologiques. Son influence sur le comportement des animaux benthiques justifie, dans le cadre de cette étude des rythmes d'activité, un essai de synthèse à partir de données recueillies dans la littérature et par les équipes de physique des Centres O.R.S.T.O.M. de Dakar et Abidjan.

La transparence des eaux du Golfe de Guinée est en général faible. La turbidité y est due :

- à la présence d'organismes planctoniques,
- aux particules mises en suspension par la houle et la barre dans les zones très côtières,
- aux particules alluviales en suspension.

Elle présente donc des variations saisonnières en fonction des conditions climatiques (upwellings, état de la mer, pluies et crues). Il existe sur la côte ouest-africaine deux grands types de régime pluviométrique.

Le type équatorial qui sévit sur la zone côtière de la Côte d'Ivoire au Nigéria, comporte deux saisons des pluies, d'intensités différentes liées aux deux passages du front inter-tropical en mai-juin et de septembre à novembre. Elles n'affectent que les petites rivières côtières.

Le type tropical (plus à l'intérieur du pays) comporte une seule saison des pluies en août-septembre. Elle affecte les bassins versants des grands fleuves et elle est responsable des grandes crues et des apports terrigènes importants. Grâce à l'influence combinée de ces deux types de climat les crues ont lieu d'août à novembre pour la zone s'étendant de la Côte d'Ivoire au Nigéria.

Au Sénégal où le climat est de type tropical les crues ont lieu en août-septembre.

1.2.1- Dans les zones d'upwellings (fig.23 et 24).

En Côte d'Ivoire où les données sont le plus nombreuses, la transparence est maximale de décembre à avril. Elle diminue très rapidement dès le mois de mai avec la première saison des pluies, et reste faible de mai à octobre-novembre dans les zones situées directement sous l'influence des embouchures. Ailleurs elle peut augmenter plus tôt. De mai à juillet la turbidité est surtout d'origine terrigène car la productivité primaire liée à l'upwelling, n'augmente qu'à partir du mois d'août (DANDONNEAU, 1972). La turbidité reste élevée jusqu'en octobre, probablement à cause des crues des fleuves pendant la deuxième saison des pluies, et aussi par rémanence d'une turbidité biologique persistant après l'upwelling.

Au Ghana (fig.24) la transparence diminue fortement dès avril-mai, et reste faible jusqu'en septembre octobre.

Au Nigéria les données sont encore plus rares. Selon TROADEC (1960), les eaux au niveau du Cap Formose sont très turbides toute l'année. Selon LONGHURST (1964) et les résultats du Guinean Trawling Survey (G.T.S.) WILLIAMS, 1968), les valeurs minimales de transparence (6 m) sont observées en août-septembre-octobre. La transparence atteint plus de 15 mètres en mars. On peut considérer que, là aussi, le schéma est globalement le même.

La zone comprise entre le Cap des Palmes et le Cap Formose est donc caractérisée par une période d'eaux turbides de mai à octobre. Elle correspond à la

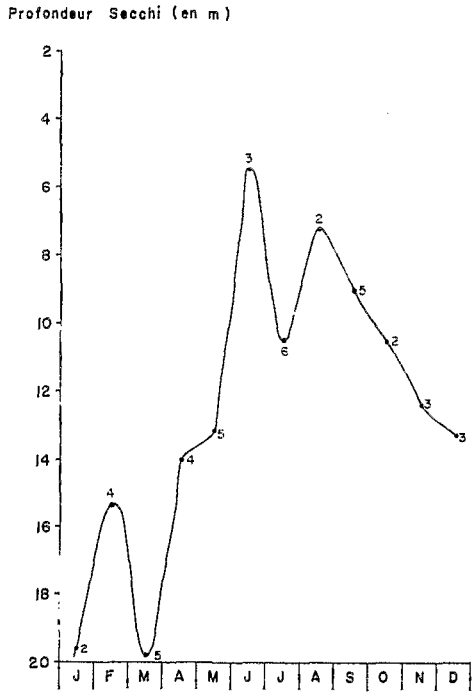


Fig. 24 - Transparence moyenne au Ghana (données F.R.U. Teina)

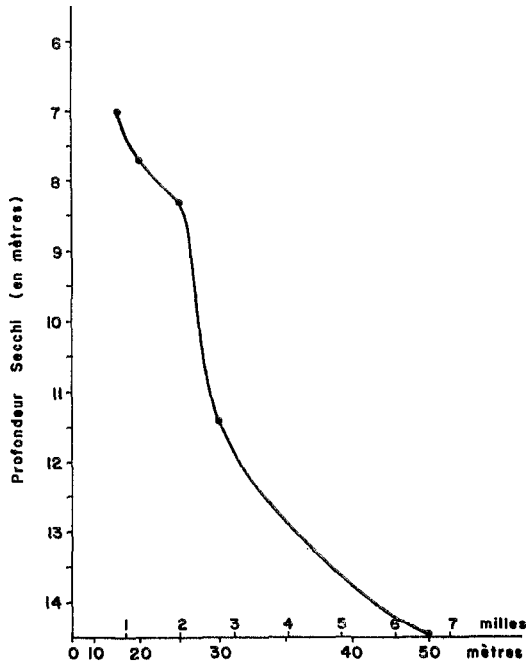


Fig. 25 - Transparence en fonction de la profondeur et de la distance à la côte : radiale de Grand Bassam (1966-1970)

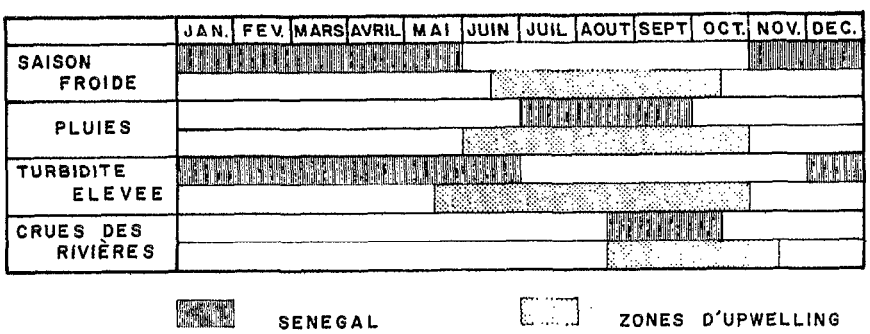


Fig. 26 - Diagramme récapitulatif des conditions hydroclimatiques

saison marine froide mais déborde de part et d'autre sur la saison chaude.

1.2.2.- Dans la zone d'oscillation du Cap Vert.

Les renseignements sur la transparence sont rares, en particulier pour la zone qui nous intéresse, c'est à dire le fond de pêche du Cap Roxo, près des embouchures de la Casamance et du Rio Cacheu. Les valeurs données par WILLIAMS (1968), et CREMOUX (1970 et 1971) sur le fond de pêche et à la station côtière de M'BOUR plus au nord, montrent une turbidité très importante de janvier à avril (fig. 21 et 22).

Cette forte turbidité pendant la saison froide marine est d'origine biologique, puisque les apports terrigènes sont nuls à cette époque. Elle correspond à la présence des eaux canariennes. De juillet à décembre, période de passage des eaux guinéennes et englobant la période des crues, la transparence est plus élevée tout en restant faible (10 m). Il semble donc que, dans cette zone, la turbidité biologique soit relativement plus élevée que la turbidité terrigène, et qu'elle reste importante toute l'année.

En résumé la zone d'oscillation et la zone d'upwellings sont deux entités climatiques et hydroclimatiques différentes. La première suit un cycle d'influence boréale, la seconde un cycle d'influence australe. Le rôle des crues des fleuves sur la turbidité relative des deux zones est différent et se traduit par un asynchronisme des variations saisonnières de celle-ci. Elle est maximale de décembre à mai au Cap Roxo (Sénégal), et de mai à octobre dans la zone comprise entre le Cap des Palmes et le Cap Formose (fig. 26). Il est intéressant de comparer le comportement des crevettes dans ces deux zones.

2.- MATERIEL ET METHODES

2.1.- Résultats obtenus par les crevettiers professionnels.

La flottille crevettière basée à Abidjan (Côte d'Ivoire) exploite plus ou moins intensivement depuis 1969 les fonds à crevettes situés entre la Sierra Leone et le Nigéria.

Des cahiers de pêche ont été distribués aux patrons et les coups de chalut y sont répertoriés individuellement. Des renseignements concernant la pêche au Sénégal nous ont été fournis par de BONDY (Centre d'Océanographie de Dakar-Thiaroye). Un grand nombre de données étaient donc disponibles pour une aire géographique étendue, permettant l'étude des variations nycthémérales des rendements dans un cadre spatio-temporel assez large.

2.2.- Campagnes expérimentales.

Si les résultats obtenus à partir des cahiers de pêche ont l'avantage du nombre et de l'étendue géographique couverte, ils perdent en précision à l'échelle de la journée. Les traits durent d'une heure et demie à trois heures, et le traitement appliqué aux données introduit un certain lissage des variations à très courte période. Deux campagnes ont donc été effectuées du 20 au 24 mai 1969 et du 6 au 10 février 1970 (VR I et VR II). Les traits furent effectués parallèlement à la côte à une profondeur de 45 mètres (profondeur d'abondance maximale

moyenne pour la zone), avec un chalut "semi-baloon" de 11 mètres de corde de dos. Tous les traits effectués dans le même sens, sur une aire géographique restreinte, en revenant toujours débuter le trait au même point, couvraient une distance de 2,5 à 2,6 km en 45 minutes.

2.3.- Traitement des données.

Les données disponibles sur les cahiers de pêche ont été traitées sur ordinateur à l'aide de programmes rédigés par FONTENEAU et de BOISSET °, permettant l'étude, d'une part, des rythmes quotidiens, et d'autre part des variations saisonnières du phénomène.

3.- RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1.- Zones d'upwellings

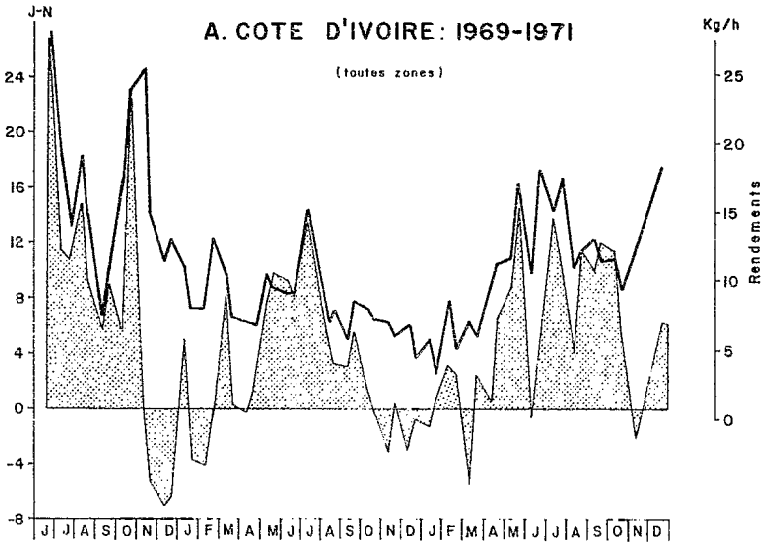
3.1.1. - Dépouillement des cahiers de pêche.

Comme on devait s'y attendre, étant donné la diversité des observations déjà publiées, le phénomène présente une variance importante. L'écart entre les rendements de jour et de nuit (J-N) varie de façon très importante au cours de l'année (fig. 27 et 28). Il apparaît cependant une périodicité qui est particulièrement nette en Côte d'Ivoire et au Ghana, où les données portent sur une longue période.

Entre avril et septembre-octobre les rendements de jour sont, dans l'ensemble, beaucoup plus importants que les rendements de nuit. L'écart y est plus stable.

Entre novembre et mars s'étend une période caractérisée par son instabilité. L'écart (J-N) est extrêment variable d'une quinzaine à l'autre. Les rendements de jour y sont alternativement plus ou moins importants que ceux de nuit, et les rythmes y sont fugaces. Le rythme peut être inverse sur deux zones relativement proches (Grand Bassam et Tabou, fig. 29), alors qu'entre mai et octobre il est synchrone sur toute la Côte d'Ivoire. Il peut aussi apparaître différent entre deux profondeurs voisines. Pendant la première quinzaine de février 1970 par exemple, le rythme observé par les chalutiers entre 36 et 60 m (en moyenne l'effort était localisé sur 40-45 m) indique un maximum de nuit (fig. 30). Les résultats obtenus sur les mêmes fonds pendant la campagne VR II concordent (fig. 34) ; cependant le rythme observé sur les fonds de 25-35 m est différent, et, bien que peu net, présente les valeurs minimales de nuit. Une étude du cahier de pêche du "QUERCY" montre assez bien le phénomène (fig. 31). Les 4,5 et 6 février la pêche à 40-45 m est meilleure de nuit. Les 7,8 et 9, à 30-35 m, elle est meilleure de jour, alors que durant ces trois jours les résultats obtenus pendant la campagne VR II, sur 45 m, sont totalement opposés.

° Assistant au Centre de Recherches Océanographiques d'Abidjan (C.I.)



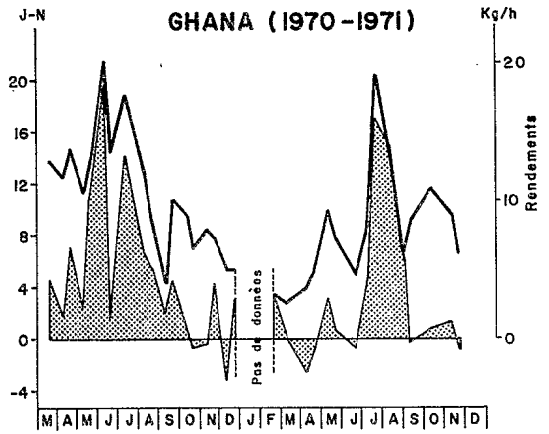


Fig. 28

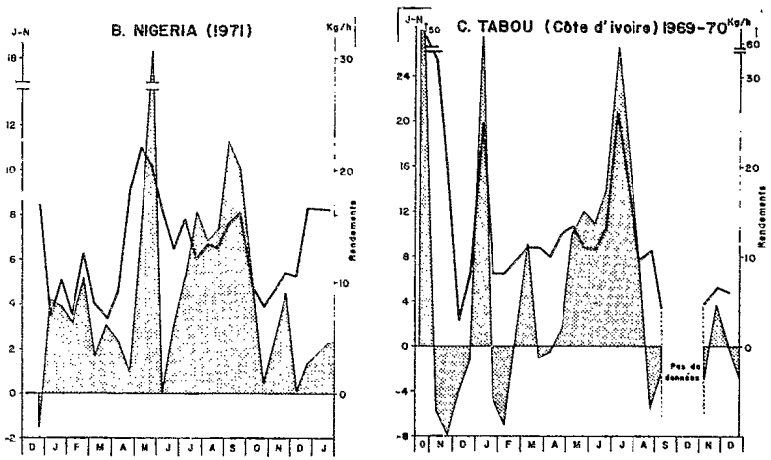


Fig. 27

Evolution de l'écart entre :
rendements de jour et de nuit (——)
rendements horaires moyens (▬▬)

A partir des renseignements obtenus lors du premier traitement, un certain nombre de quinzaines, où l'effort de pêche était suffisant, ont été traitées pour mettre en évidence l'allure moyenne du rythme journalier pendant cette quinzaine (fig. 36 à 40). On distingue trois types de diagrammes :

- Quand les rendements de jour sont les plus élevés, la courbe présente deux paliers correspondants aux périodes diurne et nocturne séparés par une transition plus ou moins abrupte à l'aube et au crépuscule (comportement apparent diurne) ;

- Quand les rendements de nuit sont les plus élevés, le diagramme est exactement inversé (comportement apparent nocturne) ;

- Quand la différence entre les rendements de jour et de nuit est peu marquée, il apparaît deux pics vers l'aube et le crépuscule (comportement apparent de transition).

3.1.2.- Campagnes expérimentales (VR).

a) - Campagne VR I : du 20 au 24 mai 1969 (fig. 32).

Si l'on sépare les valeurs observées en valeurs de jour (de 7 heures à 17 heures), de nuit (de 19 heures à 5 heures) et de transition (de 17 heures à 19 heures, et de 5 heures à 7 heures) on obtient le tableau suivant :

	Jour	Nuit	Transition	Moyenne
Rendement (kg)	24,4	6,6	32,9	19,3
En pourcentage	126,4	34,2	170,5	100,0

Les meilleurs rendements sont obtenus pendant la journée et surtout à l'aube et au crépuscule. Il apparaît de plus, pendant cette campagne, une nette diminution des rendements de jour et une augmentation simultanée des rendements de nuit (fig. 34). Le rendement moyen pour la journée diminue parallèlement à l'écart (J-N). La perte de biomasse apparente de jour n'est donc pas transférée en totalité à la période nocturne. Un partie du stock disparaît. Nous reviendrons sur ce phénomène dans la discussion.

Afin de vérifier si les immatures avaient le même comportement que les adultes, les variations de leur nombre et de leur proportion en pourcentage dans les prises ont été portées sur les figures 32 et 33. Le rythme est identique les deux premiers jours. Il est bimodal et le pic du soir est le plus important. Quand l'abondance apparente de la population augmente, le nombre de juvéniles augmente également, ainsi que leur proportion dans la population. On note cependant, les 22 et 23 mai, un décalage entre les variations d'abondance de la population et celles de sa composante juvénile : les pics d'abondance sont décalés dans le temps et ont lieu plus tôt pour les juvéniles. De plus, il existe également une décroissance, et du nombre des juvéniles et de leur proportion dans la population, entre le 20 et le 24 mai. Là encore l'abondance des juvéniles diminue plus vite que celle du reste de la population.

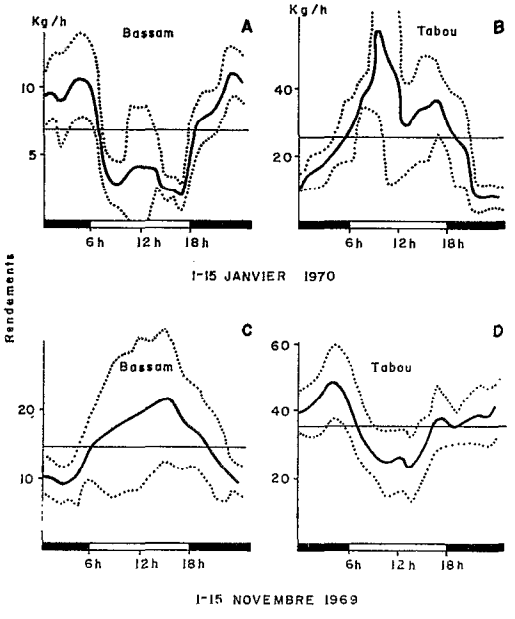


Fig. 29 - Asynchronismes géographiques (Côte d'Ivoire)

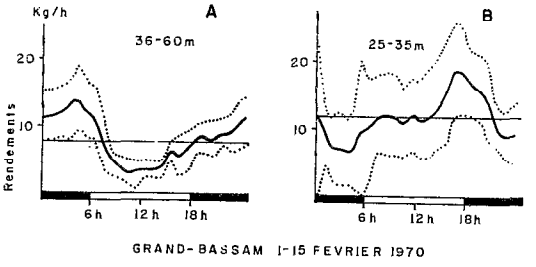


Fig. 30 - Asynchronismes des rythmes à deux immersions différentes

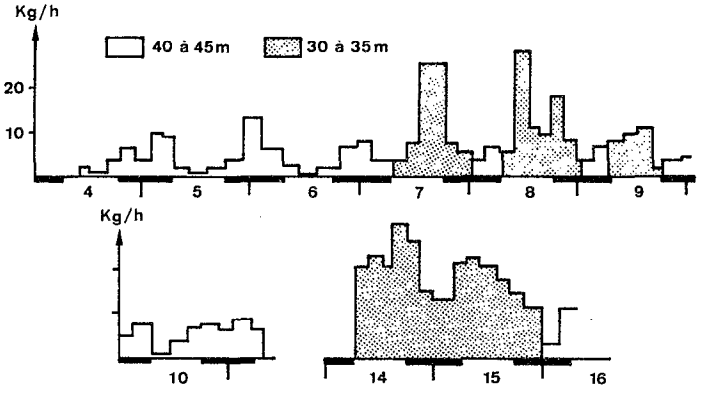


Fig. 31 - Rendements obtenus par Le QUERCY du 4 au 16 février 1970

Cette diminution des rendements, de l'abondance des juvéniles, ainsi que la modification de leur rythme d'activité, semble indiquer que la campagne a été effectuée pendant une période de transition.

b) - Campagne VR II du 6 au 10 février 1970 (fig. 33).

Les rendements sont beaucoup plus faibles ; les variations sont pourtant très claires. Les valeurs maximales sont obtenues de nuit, et les valeurs minimales de jour. Il apparaît aussi un pic en fin de journée mais il est beaucoup moins net que pendant VR I. Les valeurs obtenues sont les suivantes :

	Jour	Nuit	Transition	Moyenne
Rendement (kg)	1,4	4,4	3,3	3,3
En pourcentage	46,7	146,7	110,0	100,0

Le comportement des immatures est plus difficile à étudier car ils représentent une proportion très faible de la population. Il y a très peu de crevettes ayant moins de 30 mm de carapace, mais on n'en trouve que dans les traits de nuit. Les polygones de fréquence des tailles de femelles capturées de jour (6 heures à 18 heures), et de nuit (18 heures à 6 heures) montrent cette disparition des immatures pendant le jour (fig. 35). Sur la figure 33, et afin d'obtenir des valeurs significatives, le pourcentage calculé est celui des crevettes de taille inférieure à 40 mm. Les valeurs les plus basses sont obtenues entre 6 heures et 18 heures, quand les rendements sont minimum.

3.1.3.- Discussion.

Les différentes observations effectuées sur *P. duorarum* dans le Golfe du Mexique (citées au début de cet article) indiquent que cette espèce est un animal nocturne, actif la nuit sur le sédiment, et au repos le jour, enfoui le plus souvent. Cela se traduit par des rendements élevés la nuit, et très faibles le jour. Les rendements donnent une image assez fidèle du comportement réel.

Dans les zones d'upwellings, le comportement semble différent. Le rythme d'activité, exceptionnel dans les fonds de pêche de Floride, y devient pratiquement la règle. Or, les observations effectuées sur la côte d'Afrique et dans le Golfe du Mexique sur d'autres aspects de la biologie de cette espèce montrent de grandes similitudes. Il est donc a priori peu satisfaisant pour l'esprit que le comportement de l'espèce vis à vis de la lumière soit, sur la côte est-Atlantique, différent de ce qu'il est sur la côte ouest, et il est donc plus tentant de penser que le rythme d'activité de l'espèce est identique mais que sa manifestation dans les prises du chalut est différente, ou encore que les rendements donnent une image fausse de l'activité réelle des crevettes. Dans la suite de ce chapitre, le comportement apparent, biaisé, sera distingué du comportement réel.

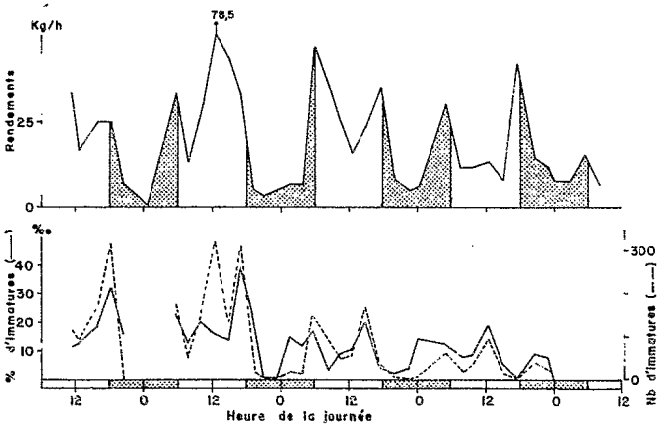


Fig. 32 - Résultats de la campagne VR 1
(20-24 mai 1969)

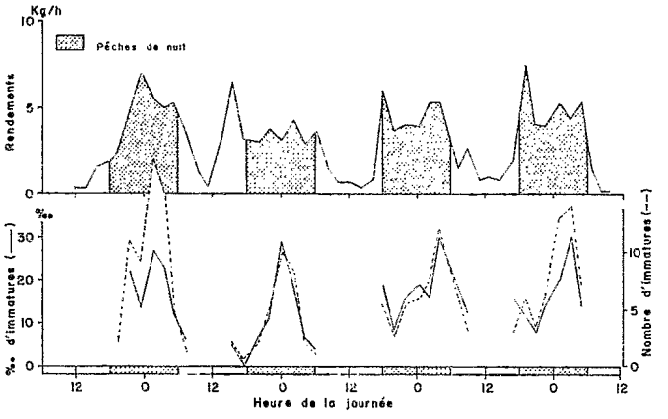


Fig. 33 - Résultats de la campagne VR II
(6-10 février 1970)

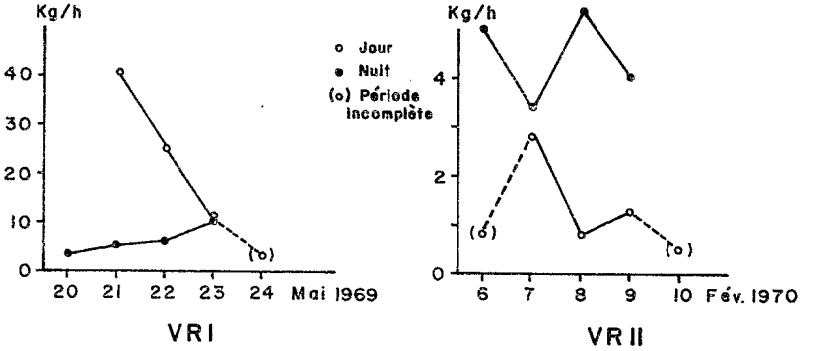


Fig. 34 - Evolution des rendements de jour et de nuit
pendant les campagnes VR

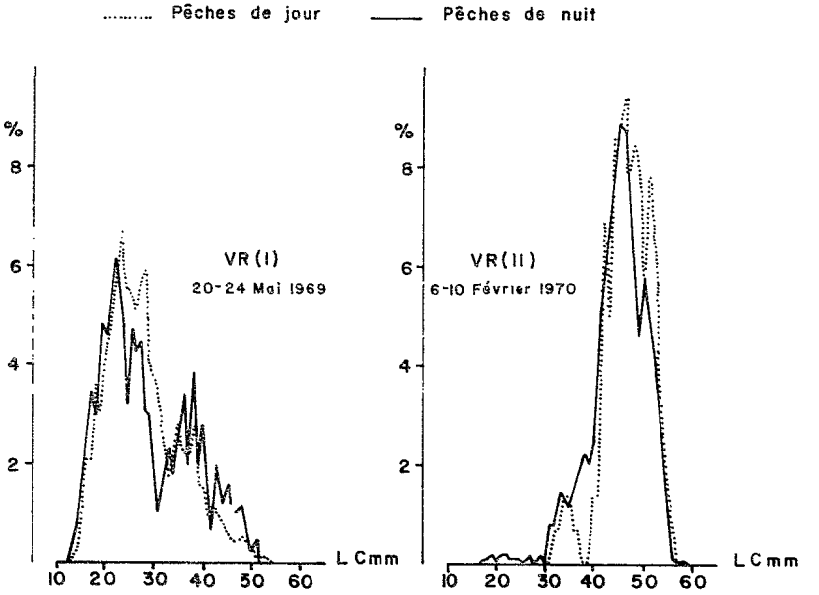


Fig. 35 - Polygones de fréquence des tailles = femelles

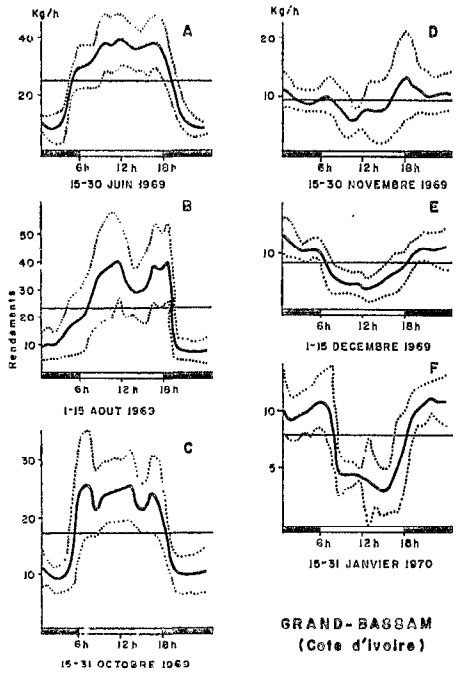


Fig. 36

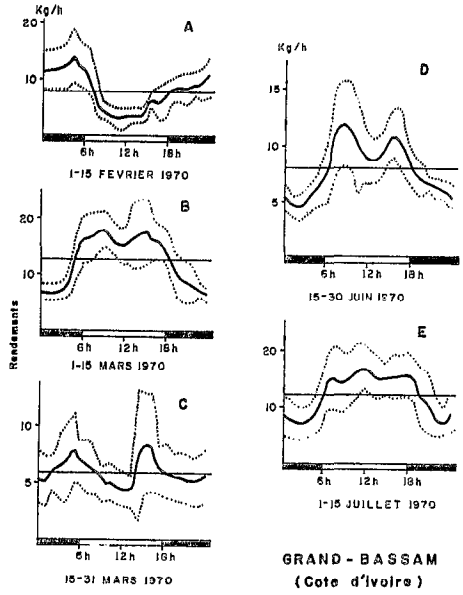


Fig. 37

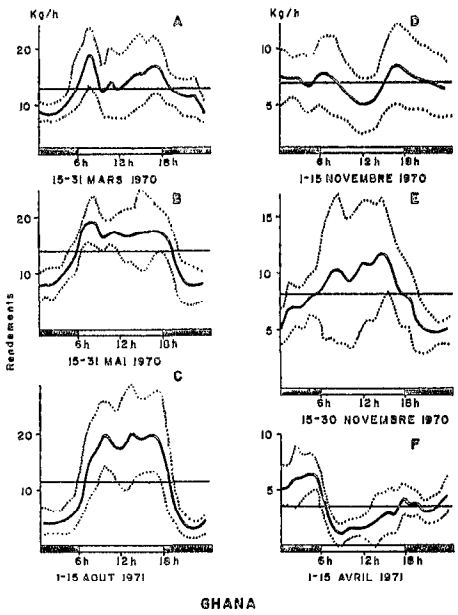


Fig. 38

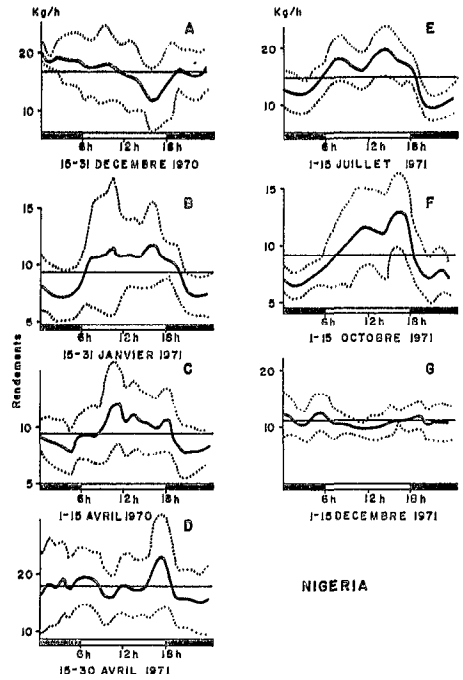


Fig. 39

Fig. 36-39 - Rythmes nycthéméraux des rendements dans la zone d'upwellings.

3.2.- La zone sénégambienne d'oscillation des masses d'eau.

Les données disponibles sont très inégales. Elles sont nombreuses pour les mois de février, juin, juillet, août et novembre 1968, inexistantes pour janvier, mars et avril, fragmentaires pour mai, septembre et octobre.

En février, les rendements les meilleurs sont obtenus de nuit. En juin, juillet, àoût et novembre, les rendements sont maximum entre 6 heures et 18 heures. En mai, septembre et octobre l'examen des pêches d'un seul crevettier montre des rendements maximum de jour. Si l'on combine ces résultats et ceux publiés par de BONDY (1968), on discerne, là aussi, deux périodes différentes dont les limites sont difficiles à déterminer à cause du manque de continuité dans les données disponibles. Il semble que, pendant la première moitié de l'année, à des eaux extrêmement turbides, corresponde un rythme d'activité mal caractérisé, qui se traduit par de bons rendements de nuit (fig. 40 A), ou par une différence non significative entre les rendements de jour et de nuit. Dans la seconde moitié de l'année, les eaux sont plus transparentes mais restent malgré tout très turbides (10 mètres environ). Le comportement apparent est alors diurne et très bien caractérisé. Il y a là une contradiction avec ce que l'on a observé dans la zone d'upwellings. Dans ces eaux très turbides, qui rappellent les eaux du Cap Formose (Nigéria), les bons rendements devraient être obtenus pendant le jour pratiquement toute l'année; ou tout au moins pendant la période la plus turbide, or ce n'est pas le cas.

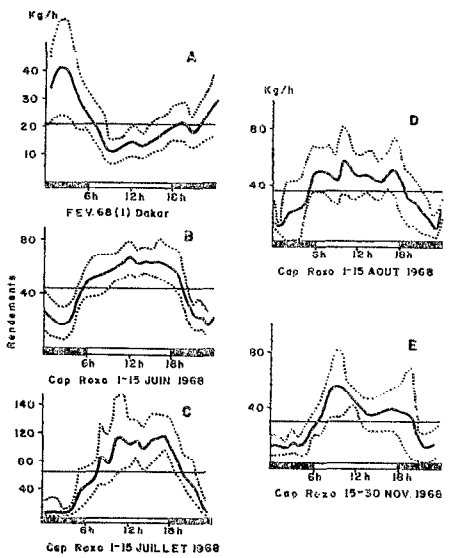


Fig. 40 - Rythmes nycthéméraux des rendements au Cap Roxo.

La différence fondamentale entre ces eaux et les eaux nigériennes est leur température. Les eaux sur les fonds à crevettes du Nigéria, qui sont très côtiers, évoluent entre 24° et 29°C. Celles du Cap Roxo peuvent en saison froide atteindre 15 degrés. Or FUSS et OGREN (1966) ont montré que l'activité de *P. duorarum* diminuait de 50 % environ à 15°C, et était maximale vers 25°C. Cette inactivité, si elle se vérifiait, se traduirait effectivement par un diagramme plat et d'excellents rendements puisque tout le stock serait au niveau du fond, de jour

comme de nuit. Lorsque la température remonte en avril-mai, les eaux deviennent plus claires, mais la turbidité reste malgré tout élevée. On note bien alors un comportement apparent diurne caractéristique des eaux turbides.

Il serait, là aussi, intéressant de souligner la relation entre les variations saisonnières de rendements et de rythme. Selon CROSNIER et de BONDY (1967), la pêche au Cap Roxo peut se faire de décembre à juillet. Selon de BONDY (1968), elle est optimale en saison froide et irrégulière en saison chaude. Les rendements seraient donc les meilleurs quand les eaux sont les plus froides et les plus turbides. On retrouve une situation analogue à celle observée en zone d'upwellings, avec cependant une différence importante : la saison optimale de pêche correspondrait, dans la zone sénégambienne, à un comportement apparent de transition, au lieu d'un comportement apparent diurne comme en zone d'upwellings.

3.3.- Hypothèse concernant le mécanisme de ces variations saisonnières de comportement.

Si nous admettons que le rythme de base est celui d'un animal à activité nocturne, il reste à comprendre par quel mécanisme le rythme de variation des rendements dans les pêches apparaît totalement différent à certaines périodes de l'année.

Les rendements observés sont de trois types :

- Rendements maximum de nuit (comportement apparent nocturne) ; ils correspondent au comportement réel ;
- Rendements de jour et de nuit peu différents, mais deux pics d'activité à l'aube et vers le soir (comportement apparent de transition) ;
- Rendements maximum de jour (comportement apparent diurne).

3.3.1.- Comportement apparent nocturne.

C'est le plus classique, celui qui est la règle sur les fonds de Floride, où il est exceptionnellement perturbé par une turbidité élevée. Il est plus rare sur la côte ouest-africaine, et correspond aux eaux les plus claires. Les crevettes sont actives sur le fond la nuit, et enfouies le jour pour fuir la lumière, ou les prédateurs. Les chaluts sont équipés de chaînes pour chasser ces crevettes enfouies hors du sédiment à portée du chalut, mais elles sont d'une efficacité limitée. Les rendements de nuit sont alors les plus représentatifs de l'abondance réelle du stock.

3.3.2.- Comportement apparent diurne.

C'est le plus fréquent sur la côte africaine et il est lié à une turbidité élevée. Les crevettes sont donc au niveau du fond dans la journée (puisque dans la zone d'upwellings les meilleurs rendements correspondent à ce comportement). L'obscurité relative qui y règne les dispense de s'enfouir. La nuit ces crevettes ne sont plus disponibles. L'abondance apparente peut être dix fois moindre. La seule explication plausible, dans le cadre d'un comportement de base nocturne, est que ces crevettes, très actives la nuit, quittent le fond au crépuscule pour monter en pleine eau, hors de portée des chaluts, et ne redescendent qu'à l'aube. Le rythme apparent est l'inverse du rythme réel par le biais d'une variation de la vulnérabilité vis à vis du chalut de fond. La possibilité pour cette espèce, habituellement benthique ou nectobenthique, de devenir nectonique, a déjà été

envisagée par LE GUEN et CROSNIER (1968). Ce phénomène a été vérifié par COSTELLO et ALLEN (1968), qui citent plusieurs observations exceptionnelles de bancs denses de crevettes en surface la nuit. En Côte d'Ivoire, pendant la migration, nous avons également observé des crevettes en surface en lagune, au-dessus de fonds de 18 m. Un élément de preuve est apporté par THOMAS (1966) quand il note une amélioration des rendements de nuit au Nigéria, en utilisant des chaluts à grande ouverture. Cette hypothèse paraît donc plausible mais demande à être vérifiée. Elle pourrait l'être par une prospection à l'échosondeur couplée à des pêches au chalut pélagique. Elle est d'autant plus intéressante qu'elle permet d'envisager l'usage de chaluts semi-pélagiques ou pélagiques pendant une partie de l'année pour améliorer les rendements de nuit ou de transition, et supprimer peut-être ainsi certaines "coupures" saisonnières.

Les cas exceptionnels de rendements de jour élevés en Floride sont liés à une turbidité élevée, ou à une couverture nuageuse extrêmement dense (FUSS, 1964), c'est à dire probablement à une altération de la lumière reçue sur le fond. Il est possible que la turbidité soit aussi le facteur qui provoque, sur la côte ouest-africaine, les perturbations observées. Cette turbidité élevée est en effet une des caractéristiques des biotopes à *P. duorarum* sur la côte ouest-africaine, par opposition à leurs homologues en Floride. CROSNIER (1965), et LE GUEN et CROSNIER (1968). FONTANA et BA M'BAYE (1972) invoquent également son influence. Les observations permettant d'étayer cette hypothèse sont cependant rares sinon inexistantes.

L'action d'autres facteurs hydrologiques pourrait être envisagée, mais ils ne suivent pas aussi parfaitement les variations saisonnières. En Côte d'Ivoire en particulier, la période de comportement apparent diurne déborde de part et d'autre de la saison froide, alors qu'elle correspond parfaitement à la saison turbide.

C'est dans le but de définir les relations possibles entre ce comportement apparent et la turbidité que l'on s'est attaché à définir les variations saisonnières des deux phénomènes sur une aire aussi vaste que possible.

Ces variations concordent bien (fig. 27 et 28). L'écart entre les rendements de jour et de nuit (J-N) est maximal et relativement stable de mai à octobre, lorsque les eaux sont le plus turbides. Cet écart est plus variable et peut devenir négatif entre janvier et avril lorsque les eaux sont plus claires. Au Nigéria, où les eaux sont turbides toute l'année, l'écart est pratiquement toujours négatif, mais les valeurs maximales sont aussi atteintes de mai à septembre pendant que les eaux sont le plus turbides. L'écart (J-N) est relativement plus instable en période d'eaux claires. Les inversions y sont beaucoup plus fréquentes. Cela peut s'expliquer en Côte d'Ivoire, par les variations à courte période des qualités de l'eau pendant la saison chaude (MORLIERE, 1970). Si la lumière au fond est alors proche d'une valeur seuil, de faibles variations de l'éclairement peuvent provoquer de fortes perturbations du rythme d'activité.

L'asynchronisme entre deux immersions voisines, observé en février 1970 est intéressant et l'on peut trouver deux hypothèses permettant de l'expliquer.

Tout d'abord cette inversion de rythme peut correspondre à une migration de crevettes perpendiculaire à la côte. Elles seraient de nuit sur les fonds de 40 à 60 mètres, et de jour sur les fonds de 30-40 mètres. Un tel phénomène de migration a déjà été cité par DURAND (1959) pour *P. brasiliensis* en Guyane. Il est cependant assez peu probable sur nos côtes, car de tels mouvements entraineraient un brassage de la population ; or il existe sur le plateau continental ivoirien

une répartition bathymétrique des tailles, nettement caractérisée et peu compatible avec un tel brassage. Cette inversion peut aussi traduire une différence réelle de comportement, liée aux variations de la turbidité en fonction de la profondeur. Celle-ci est plus élevée dans les petits fonds (fig. 25). Cette différence s'accentue certainement au début de la saison turbide qui correspond à une période de mauvais temps. Dans le cadre de cette hypothèse, une augmentation de la turbidité se traduirait par le passage d'un comportement nocturne à un comportement apparent diurne.

Le changement saisonnier de comportement apparent, qui a lieu en octobre, peut avoir lieu plus tôt, en août-septembre dans les zones de Tabou et du Ghana, zones d'upwellings particulièrement intenses, où les eaux profondes peuvent chasser les eaux turbides vers le large. Leur productivité phytoplanctonique étant au début très faible, elles sont claires, et cette chute précoce de la turbidité pourrait expliquer l'inversion.

L'évolution saisonnière des rendements horaires moyens est intéressante à comparer à celle de l'écart (J-N) (fig. 27 et 28). Les variations sont, dans l'ensemble, concomitantes. Les périodes où le comportement apparent est diurne sont celles où l'abondance apparente est la plus élevée, et les rendements les meilleurs correspondent aux écarts les plus importants. Le passage d'un comportement apparent diurne à un comportement apparent nocturne ou de transition, se traduit par une baisse du rendement horaire moyen de la journée. Il ne s'agit donc pas d'un transfert intégral de biomasse disponible. Les crevettes qui, brutalement, ne sont plus disponibles pour le chalut dans la journée, ne deviennent pas toutes disponibles la nuit, et au passage d'un comportement apparent diurne à un comportement apparent de transition ou nocturne correspond une chute de la biomasse apparente, exprimée par la prise par unité d'effort de pêche. C'est certainement ce que l'on a observé pendant la campagne VR I (fig. 32). Les variations rapides de la biomasse apparente correspondent en fait à des variations de la vulnérabilité des crevettes vis à vis de l'engin de prélèvement.

Il est intéressant de remarquer, d'autre part, que les juvéniles semblent être l'élément le plus mobile de la population. Leur abondance suit un rythme synchrone de celui des adultes, mais leur proportion dans la population également, c'est à dire qu'ils disparaissent ou réapparaissent dans les prises plus rapidement que le reste du stock.

Les résultats obtenus dans cette zone par les différents auteurs s'intègrent très bien dans le cadre de ces variations saisonnières. Il convient seulement de noter qu'au Nigéria RAITT et NIVEN en 1965, et THOMAS en 1966, ont observé des rendements maximum de nuit en saison d'eaux claires, alors qu'en 1971 nous n'avons observé qu'une chute des rendements de jour, sans inversion réelle (fig. 27 B).

3.3.3.- Comportement de transition.

La différence entre les rendements de jour et de nuit est très faible. Le diagramme apparaît plat avec en général deux pics, à l'aube et au crépuscule (fig. 39). Ce comportement peut être soit un artéfact de calcul, soit un comportement réel.

En effet, les inversions de rythme peuvent être rapides. Si la période

sur laquelle le calcul est effectué contient une ou plusieurs inversions de rythme, le diagramme moyen pour la période sera artificiellement plat. Ceci expliquerait que ces diagrammes se rencontrent en période de transition, lorsque la saison turbide s'installe ou se termine (mars-avril et novembre-décembre).

Le diagramme peut aussi correspondre à la réalité, si à cause d'une turbidité réduite, une partie seulement du stock s'enfouit le jour et si, la nuit, les crevettes ne décollent que légèrement du fond, restant en partie à portée des chaluts. Le stock de crevettes ne serait entièrement disponible ni le jour, ni la nuit, ce qui se traduirait par des rendements peu élevés.

Un cas particulier a déjà été envisagé pour expliquer les variations de rendements au Sénégal en saison froide. Dans ce cas, les basses températures pourraient être responsables de l'absence apparente de rythme.

CHAPITRE III

ÉTUDE DE LA MATURATION SEXUELLE

Nous reprendrons ici quelques résultats déjà publiés (GARCIA, 1970), que nous compléterons par des données plus nombreuses et plus récentes.

1.- MATERIEL ET METHODES

Les données utilisées proviennent de deux sources différentes : d'une part de campagnes expérimentales en 1969-1970 et d'autre part des échantillonnages systématiques effectués sur les débarquements des crevettiers professionnels de 1971 à 1975.

1.1.- Campagnes expérimentales à Grand-Bassam.

Le fond de pêche au large de Grand-Bassam est l'un des plus importants du plateau continental ivoirien. Des prélèvements y ont été effectués au chalut, tous les mois, de janvier 1969 à février 1970, sur une radiale située à 3°49' W, pour l'étude de la croissance de *P. duorarum* par la méthode de Petersen, (GARCIA et al., 1970).

Les traits de chalut ont été exécutés en suivant les lignes de sonde de 25 à 60 mètres tous les cinq mètres.

A chacune des 14 sorties, la longueur céphalothoracique des crevettes a été mesurée au millimètre inférieur à l'aide d'un pied à coulisse. Les histogrammes obtenus pour chaque station ont été pondérés par la distance sur le fond entre les stations puis additionnés pour obtenir un histogramme global par radiale. Les femelles mûres ont été notées en utilisant les critères de maturité définis plus loin. Les données correspondant aux trois premières campagnes, au cours desquelles les femelles mûres étaient les plus abondantes, ont été regroupées et leur pourcentage calculé pour chaque classe de taille (fig.41).

1.2.- Echantillonnage des débarquements.

La flotille de crevettiers travaillant sur le plateau ivoirien est composée, d'une part, de six unités autonomes procédant au tri, à l'étêtage, à la calibration et au conditionnement à bord, et, d'autre part, de quatre glaciers débarquant leur capture en vrac pour traitement à terre.

Ces débarquements ont été échantillonnés pour mensuration de façon aussi régulière que possible de 1971 à 1975. Les nombres observés dans les échantillons ont été pondérés par le rapport prise/échantillon pour obtenir les nombres débarqués. Nous avons ensuite établi l'histogramme global annuel des crevettes débarquées et des crevettes mûres, puis le pourcentage de crevettes mûres dans chaque classe de taille. Toutes les femelles récoltées dans l'année ayant été prises en compte, même lorsqu'elles ont été récoltées en dehors de la saison de ponte, les pourcentages calculés sont plus faibles que ceux obtenus à partir des campagnes expérimentales. Nous avons, de plus, observé que le séjour de plusieurs jours dans la glace, qui opacifie les téguments, provoque un pâlissement de la teinte des ovaires et ce phénomène peut conduire à une légère sous-estimation de la proportion des femelles mûres.

1.3.- Echelle de maturité.

Les trois études disponibles sur *P. duorarum* sont celles de CUMMINGS (1961) dans le Golfe du Mexique, DE VRIES et LEFEVERE (1969) et BURUKOWSKII (1970) sur la côte ouest-africaine, la plus complète étant la dernière. La première, basée sur le rapport gonado-somatique, l'aspect de l'ovaire et le diamètre des ovocytes permet de discerner 5 stades (A à E, la ponte ayant lieu entre D et E). La deuxième, utilisant l'aspect extérieur des ovaires, en distingue 6 (1 à 6, la ponte ayant lieu entre 5 et 6). La dernière est proposée après une étude cytologique précise des différents stades de formation de l'ovocyte et de la structure interne de l'ovaire ; elle prend également en compte l'aspect extérieur des ovaires, l'extension des lobes antérieurs et la présence de chromatophores. Elle permet de distinguer 5 stades (1 à 5, la ponte ayant lieu juste après le stade 5).

La correspondance entre ces échelles doit être établie pour permettre des comparaisons. Les seuls critères facilement reconnaissables sur toutes les échelles sont les critères descriptifs externes (couleur, aspect, forme, taille de l'ovaire) mais ils sont peu précis. Les critères structuraux internes plus précis, sont différents suivant les méthodes utilisées. Lorsqu'ils sont semblables (comme par exemple le diamètre des ovocytes) ils ne sont pas directement comparables car le mode et le temps de conservation, ainsi que la technique de sélection et de mesure des ovocytes varient. Le recoupement des différents critères utilisés par les trois auteurs permet cependant de proposer la correspondance suivante :

CUMMINGS (1961)	DE VRIES et LEFEVERE (1969)	BURUKOWSKII (1970)
Undeveloped (A)	I/Virgin	1
Developing (B)	II/Maturing virgin	2 °
	III/Developed	3
Nearly ripe (C)	IV/Gravid	4
Ripe (D)	V/Ripe	5
(Spent) (E) difficile à séparer de B.	VI/Spent	

° Le stade 2 contient à la fois des animaux mûrs pour la première fois et des animaux en repos sexuel après la ponte, car BURUKOWSKII les juge indiscernables à l'oeil nu.

Ces trois auteurs s'accordent sur le fait que les stades 4 et 5 (Nearly ripe et Ripe) sont indiscernables d'après l'aspect extérieur. Les ovaires sont bien développés, visibles à travers la carapace, turgides, de couleur vert-sombre ou brun-vert. Nous avons donc considéré comme mûres les femelles présentant ces caractères.

2.- RESULTATS

2.1.- Taille à la première maturité sexuelle.

Nous avons conservé le terme consacré alors que d'après les critères de maturité utilisés la taille ainsi déterminée est plutôt une taille à la première ponte.

L'examen de la figure 41 montre que le pourcentage de femelles mûres augmente rapidement à partir de 30 mm(LC). Dans le premier cas, où nous avions isolé parmi les campagnes expérimentales les 3 mois correspondant à une ponte intense, le pourcentage augmente de 35 à 42 mm, puis semble se stabiliser ou même diminuer au delà de 52 mm. L'abscisse à l'origine de la droite de régression ajustant la relation est 31,4 mm. C'est une estimation de la taille à la première maturité sexuelle.

Dans le deuxième cas, portant sur une année entière, les pourcentages augmentent régulièrement de 30 à 54 mm. Au delà, le pourcentage calculé est nul, mais les nombres observés sont trop faibles pour donner au phénomène une signification quelconque. L'abscisse à l'origine de la droite de régression ajustant la relation est 30 mm. Le calcul portant sur un bien plus grand nombre d'échantillons, nous considérons que cette valeur est la meilleure. Les plages de confiance ont été calculées pour cette régression et montrent qu'un taux de femelles mûres nul peut être obtenu pour des tailles comprises entre 26,5 et 32,5 mm (pour un seuil de probabilité de 5 %).

Au Sénégal, la plus petite femelle mûre récoltée par DE BONDY (1968) mesurait 125 mm de longueur totale soit environ 27 mm de longueur céphalothoracique. Au Sénégal également, les travaux plus récents de LHOMME (comm. pers.) utilisant les mêmes critères que nous, conduisent à une estimation très voisine de Lm (soit 28 mm).

Au Nigéria, DE VRIES et LEFEVERE (1966) ont trouvé une femelle mûre de 28 mm. Si toutes ces valeurs sont parfaitement cohérentes, elles sont apparemment différentes des 22 mm obtenus par CUMMINGS (1961), en Floride, en utilisant une régression ajustant le pourcentage de femelles "earlyripe + ripe" en fonction de la taille dans l'intervalle de 24 à 33 mm. Bien que cet intervalle soit différent de celui que nous avons utilisé et que les régressions ne puissent être comparées, il n'en reste pas moins que la plus petite femelle mûre observée mesurait 24 mm. Un travail plus récent de MARTOSUBROTO (1974) dans la même zône montre que des femelles de 25 mm contiennent déjà des ovules prêts pour la ponte. ELDRED et al. (1961) en se basant sur des caractères externes, trouvent des femelles mûres mesurant 92 mm de longueur totale, soit environ 22 mm de longueur céphalothoracique. ROJAS-BELTRAN (1975) en Colombie trouve 24 mm.

La différence observée entre les deux côtes de l'Atlantique peut être, soit une différence réelle, soit un artéfact dû à une légère différence dans les critères utilisés pour la détermination de la maturité. Il est regrettable que le travail de BURUKOWSKII sur la côte africaine ne mentionne pas les tailles des crevettes aux différents stades de maturité, car une comparaison avec le travail de CUMMINGS aurait permis de lever le doute. Nous pensons néanmoins que la première hypothèse est plus vraisemblable.

2.2.- Saisons de ponte.

Nous avons calculé pour chaque campagne expérimentale (en 1969-1970), ou pour chaque débarquement échantillonné (de 1971 à 1975) le pourcentage de femelles (stades 4 + 5) par rapport aux femelles ayant atteint la taille à la première maturité sexuelle. Les valeurs correspondant aux différents débarquements ont été regroupées par mois pour calculer un pourcentage moyen mensuel (moyenne arithmétique non pondérée).

On admettra que les stades (4 + 5) étant des stades de préparation à la ponte, un maximum dans l'abondance de ces stades sera suivi dans un délai de quelques jours par la ponte elle-même.

2.2.1.- Campagnes expérimentales en 1969-1970.

Ces campagnes, d'une périodicité d'un mois, sont peut-être trop espacées pour donner autre chose que des résultats préliminaires. C'est en ce sens qu'elles avaient été exploitées dans un précédent travail (GARCIA, 1972). Les femelles mûres ont été trouvées d'octobre à mai avec un maximum très important en janvier, au début de la grande saison chaude. Elles semblent totalement absentes des profondeurs chalutées en saison froide de juin à septembre.

2.2.2.- Analyse des débarquements.

Ces données sont meilleures car on dispose de 2 à 11 échantillons par mois prélevés sur les captures représentant environ 8 jours de pêche. Les pourcentages mensuels moyens ont été portés sur la figure 42. La ponte apparaît cette fois comme un phénomène pratiquement continu mais spasmodique. Les valeurs élevées sont en général obtenues en saison chaude d'octobre à juin. Des valeurs faibles apparaissent en août-septembre en pleine saison froide (sauf en août 1975, où nous n'avons pas trouvé de femelles 5 mais où le pourcentage de femelles 4 était de 5 %).

On constate à l'examen de la figure 42 que le réchauffement des eaux en octobre (où elles atteignent 23-24°C) et l'augmentation de la proportion de femelles mûres, sont parfaitement synchrones. Les pourcentages observés en début de saison de ponte, en octobre-novembre, sont parmi les plus élevés de l'année. Ils diminuent ensuite de façon plus ou moins régulière jusqu'en avril-mai où apparaît, certaines années, un second maximum important en fin de saison chaude. Si les pics secondaires observés entre les deux maximums principaux qui encadrent la saison chaude sont significatifs (et nous le pensons, compte tenu des techniques d'échantillonnage utilisées), ils correspondent aux refroidissements apériodiques caractéristiques de l'*hydroclimat de saison chaude sur le plateau continental ivoirien* (*décembre 1972*, avril 1973, janvier 1974, février 1975). Il n'est pas possible, avec les données disponibles, de savoir si ces maximums secondaires se produisent pendant la phase de refroidissement ou de réchauffement.

2.2.3.- Schéma annuel moyen.

Afin de résumer l'ensemble des données recueillies, nous avons calculé la courbe moyenne annuelle d'abondance des femelles mûres (fig.47). Le pourcentage est minimum en août-septembre au coeur de la saison froide ; il augmente ensuite brusquement et passe par un maximum d'octobre à décembre. Il décroît ensuite.

rapidement pour atteindre un premier minimum en avril, suivi de maximums secondaires plus ou moins significatifs, et d'un deuxième minimum absolu en août.

A l'échelle annuelle, la maturation apparaît donc comme un phénomène continu, avec une période d'activité privilégiée d'octobre à décembre. La possibilité, au moins pour certaines années, d'une poussée secondaire en fin de saison chaude (mai-juillet) ne doit pas être négligée. Nous verrons dans un paragraphe ultérieur que la courbe de recrutement en mer est également unimodale avec des maximums secondaires plus faibles. La parfaite concordance des courbes de ponte et de recrutement, avec un décalage de 3 mois, confirme fortement ces observations (fig.47).

Il est important d'autre part, de noter que BINET (en préparation) travaillant sur l'ensemble des larves de décapodes, et sur des décapodes pélagiques du genre *Lucifer* en Côte d'Ivoire, observe des cycles annuels de reproduction très proches avec un premier maximum, le plus important, au début de la période chaude et un maximum secondaire plus faible certaines années en fin de saison chaude, au moment des premières pluies.

Nous avons noté, au cours de nos opérations de marquages en 1973 les pourcentages de maturité suivants : 1,6 % en août à Grand-Bassam, 16,7 % en octobre à Grand-Lahou, 58 % en novembre à Sassandra et 25,6 % en novembre également à Grand-Bassam. Ces résultats sont conformes au schéma que nous venons de tracer.

2.3.- Conclusions.

Le pourcentage de femelles mûres est un critère très souvent utilisé pour délimiter les périodes de ponte en l'absence de mesure plus directe de la reproduction. Ce n'est pas un très bon indice car le volume de la ponte dépend d'une part de la proportion de femelles mûres dans la population, mais également de leur nombre et de leur âge, puisque la fécondité varie avec l'âge. Cette restriction étant établie, il se dégage malgré tout quelques points qu'il est intéressant de souligner.

2.3.1.- Liaison entre la température et la maturation.

On admet très généralement que la ponte des penaeïdes côtiers est liée à des températures élevées (CUMMINGS 1961, MUNRO, JONES et DIMITRIOU 1968, LINDNER et ANDERSON 1956, ELDRED et al 1961 dans le Golfe du Mexique, RAO 1969 en Inde). De nombreux exemples peuvent être trouvés dans les Actes du Symposium F.A.O. sur la biologie et l'élevage des crevettes (F.A.O. 1969).

Nous avons observé que le pourcentage de maturité augmente dès que la température s'élève, en fin de saison froide. La simultanéité de ces deux phénomènes soulignée par LINDNER et ANDERSON (1956) pour *Penaeus setiferus* et ELDRED et al (1965) pour *P. duorarum* en Floride est donc confirmée. Le maximum de fin de saison chaude pourrait correspondre au pic thermique qui caractérise cette période (fig.42). Notons que le taux de maturité exceptionnellement élevé observé en juillet 1974 correspond à une température anormalement élevée pour la saison (22°4 en moyenne au lieu de 20°2 pour la moyenne des autres années).

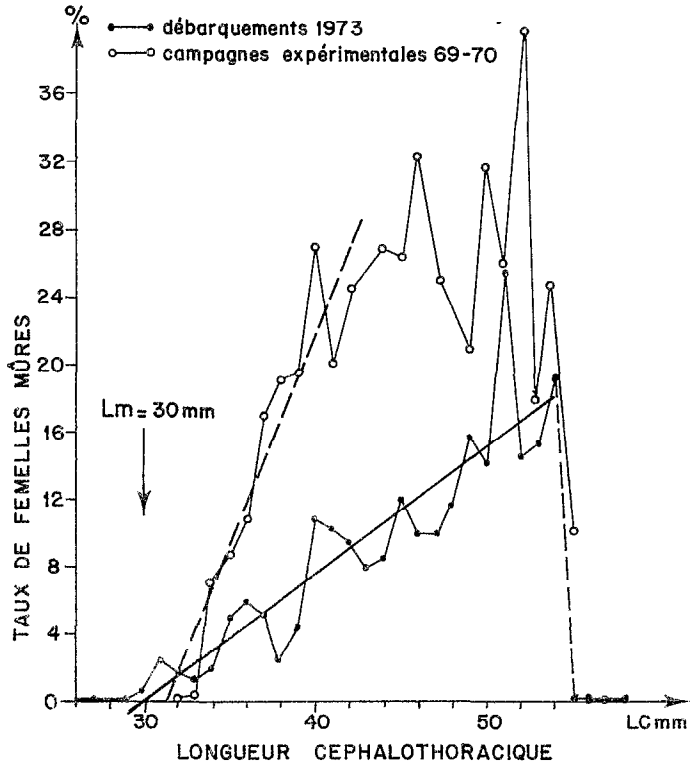


Fig. 41 - Proportion des femelles mûres (IV V) en fonction de la taille

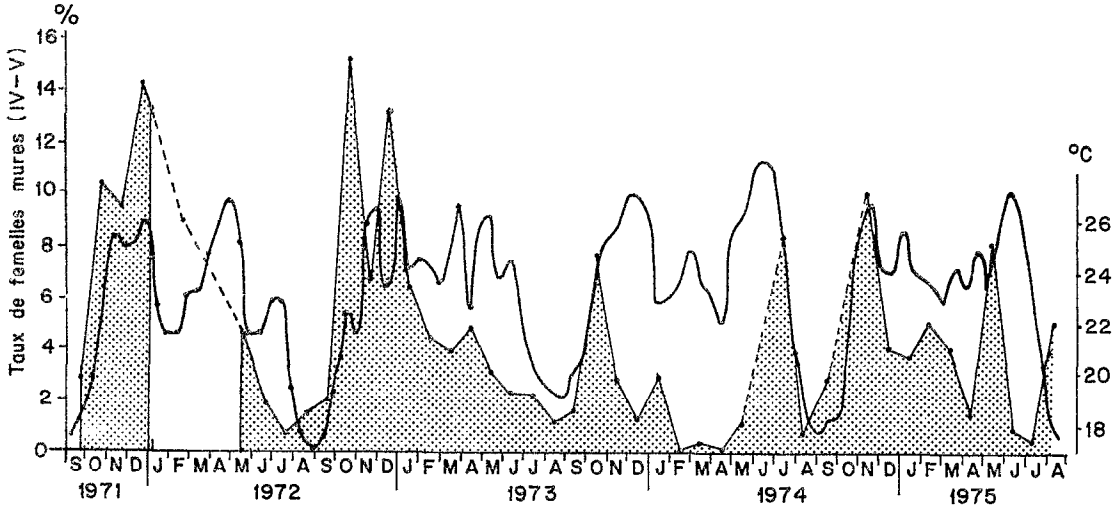


Fig. 42 - Taux de femelles mûres et température à 20 mètres à la station côtière d'Abidjan.

Ces différents éléments tendent à confirmer le rôle de la température dans les mécanismes de ponte, mais cette explication n'est pas entièrement satisfaisante. Elle ne permet pas de comprendre :

- l'absence fréquente du maximum de fin de saison chaude, en mai-juin.

- la liaison apparente entre les brusques refroidissements apériodiques et les maximums secondaires pendant la saison chaude.

- l'apparition d'un maximum en août 1975 en pleine saison froide.

Nous avons d'autre part souligné précédemment que les crevettes vivaient préférentiellement dans les eaux de la couche de discontinuité dont la salinité est supérieure à 35 ‰ et la température comprise entre 18° et 24°C. Le centre de gravité de la population se situe à la limite supérieure de cette couche d'eau, aux environs de 24°C, température optimale, correspondant à un métabolisme élevé (FUSS et OGREN, 1966). Pendant la grande saison froide, de juillet à septembre, la couche de discontinuité est repoussée vers le large, et les eaux froides (17 à 18°C) baignent tout le plateau continental. Les crevettes doivent alors supporter des températures défavorables provoquant probablement une baisse très importante du métabolisme, d'où une diminution de la proportion d'individus mûrs.

En octobre, les eaux chaudes reviennent rapidement sur le plateau continental et ce réchauffement représente un stimulus vraisemblablement perçu avec force. Il se traduit par une élévation nette du pourcentage de maturation absolument synchrone. A partir d'octobre, la température reste toujours relativement élevée (en général supérieure à 22°C) mais il se produit des refroidissements plus ou moins réguliers à partir de décembre et jusqu'en mai. Ces refroidissements sont dus à des oscillations des masses d'eaux dont le mécanisme mal connu pourrait être rattaché à des phénomènes d'upwellings et d'ondes internes (PICAUT, comm. pers.). Nous avons montré (GARCIA, 1974) que les crevettes répondaient à ces oscillations par des changements de distribution bathymétrique leur permettant de rester dans des conditions optimales.

il est vraisemblable que les refroidissements de saison chaude enregistrés à une profondeur fixe à la station côtière d'Abidjan, étant compensés par des déplacements bathymétriques, leurs conséquences sur le métabolisme des crevettes sont atténuées sinon nulles. Il est donc possible que le rôle propre de la température sur la maturation ne se manifeste que lors de la transition entre la grande saison froide et la période chaude, en octobre, et que l'on puisse considérer la période qui s'étend d'octobre à juin comme thermiquement stable pour les crevettes, lorsque les refroidissements sont de faibles amplitude.

La ponte varie cependant beaucoup pendant la saison chaude. Elle décroît plus ou moins régulièrement à partir d'octobre jusqu'en août et présente des maximums secondaires correspondant soit à des refroidissements localisés soit à des périodes de crues. Il faut donc faire intervenir d'autres facteurs et en particulier la productivité générale de la zone.

2.3.2.- Liaisons entre la productivité et la maturation.

Le fond du Golfe de Guinée est un milieu oligotrophe dans lequel tous les enrichissements par l'intermédiaire des upwellings côtiers ou des décharges

continentales se traduisent par des augmentations nettes de la productivité primaire et secondaire. Les travaux de DANDONNEAU (1973) montrent que l'abondance de plancton est élevée d'août à octobre et minimale en avril. Un maximum secondaire est plus ou moins marqué en juin au moment des premières pluies. La courbe d'abondance du zooplancton (BINET, 1972 et en préparation) est similaire, avec des valeurs élevées en septembre pendant l'upwelling, en octobre-novembre à l'arrivée des eaux dessalées issues des secondes crues, suivies d'une diminution régulière jusqu'en mai. Un maximum secondaire en juin, correspondant aux premières crues, est plus ou moins marqué suivant les années (les deux courbes moyennes d'abondance du zoo et du phytoplancton ont été tracées sur la figure 51). Bien que nous ne disposions pas de données concernant les animaux benthiques de petite taille, susceptibles de servir à l'alimentation de *P. duorarum*, il est probable que les conditions trophiques les meilleures sont réunies entre octobre et décembre lorsque la température s'élève dans un milieu très enrichi par l'upwelling d'août-septembre et accessoirement par les crues des fleuves en septembre-octobre. C'est à cette période que l'on observe les pourcentages de femelles les plus élevés. La période qui s'étend de janvier à mai correspond à une période pauvre, d'épuisement progressif du milieu. C'est la période où l'on observe une diminution progressive du pourcentage de femelles mûres. Pendant cette période pauvre, les refroidissements irréguliers, correspondants à des remontées de la thermocline dans la couche euphotique, et les crues qui représentent des apports en seul nutritifs provoquent des poussées de productivité brèves mais perceptibles (DANDONNEAU, 1973) : à ces poussées correspondent des pics de maturation d'intensité et de chronologie irrégulières. Ces quelques éléments suggèrent que la température n'agit pas seule et que la productivité joue également un rôle. Dans le chapitre suivant, nous aborderons également le problème de la ponte plus directement par l'étude des variations saisonnières d'abondance des larves.

Dans le dernier chapitre de ce travail l'étude des variations de la fécondité théorique calculée à l'aide d'un modèle de simulation nous permettra de conclure et de proposer une théorie de la reproduction de *P. d. notialis* en zone d'upwelling, mettant en évidence l'adaptation du cycle de reproduction de l'espèce au cycle de production du milieu.

CHAPITRE IV

ÉTUDE DE LA MIGRATION DES POSTLARVES

1.- INTRODUCTION

L'intérêt d'une telle étude est double. En effet, les résultats escomptés doivent permettre, d'une part, de recouper les informations concernant la ponte, obtenus précédemment et, d'autre part, d'étudier d'éventuelles relations entre le stock parental en mer et le recrutement postlarvaire. Des études de ce type sont fondamentales pour une bonne gestion. A notre connaissance, peu de travaux sérieux ont été réalisés dans le monde sur ce sujet, en ce qui concerne les penaeïdes à part l'important travail des équipes américaines dans le Golfe du Mexique (BAXTER 1962 ; YOKEL, IVERSEN et IDYLL 1969) et celui de LE RESTE (1973) à Madagascar.

Ces recherches nécessitent, pour aboutir à des relations stock-recrues interprétables, de longues séries chronologiques de données concernant l'abondance des adultes et celle des larves. Conscients de cette nécessité, dès le début de nos travaux en 1969, nous avons toujours cherché à obtenir simultanément ces deux types de données, malgré la déficience des moyens disponibles au C.R.O. Nos premiers essais de récolte datent de la fin de 1969, mais un programme sérieux de collecte systématique n'a pu être mis en place qu'à partir de septembre 1971, avec des moyens de fortune, ce qui explique la périodicité très irrégulière des récoltes en 1971-1972. Ce n'est qu'à partir de 1973 que nous avons pu travailler dans des conditions convenables.

Persuadés au départ que l'étude devrait être longue et donc poursuivies en routine pendant plusieurs années avec des moyens limités, nous avons toujours cherché à réduire au maximum l'effort nécessaire à l'obtention d'un indice d'abondance larvaire. Les modifications apportées en cours d'étude aux méthodes utilisées sont la conséquence de ce souci constant.

2.- MATERIEL ET METHODES

2.1.- Matériel.

En fonction des disponibilités, nous avons le plus souvent utilisé une embarcation légère à moteur hors-bord, ou une petite pinasse. Le filet était mouillé et relevé soit à la main, soit à l'aide d'un petit treuil manuel. Il s'agissait d'un filet de 1 m de diamètre équipé d'un flux-mètre T.S.K. excentré et d'un flotteur profilé situé à 30 cm au dessus du cercle, visible pendant le trait. Le maillage utilisé, de 500 µ au début, a été amené à 700 µ en juin 1973 pour éviter le très fréquent colmatage. Un essai d'utilisation alternative des deux filets a montré que les résultats étaient équivalents. Nous avons donc considéré que les données recueillies restaient comparables.

Notons que le trait horizontal était imposé par l'utilisation manuelle du filet et l'absence de sondeur dans des eaux peu profondes et à bathymétrie irrégulière.

L'ensemble du prélèvement était trié, pour la recherche des postlarves. Un sous-échantillon de 50 individus environ était ensuite examiné à la loupe binoculaire pour mensuration de la longueur totale (de la pointe du rostre à l'extrémité des uropodes) et comptage du nombre d'épines rostrales.

2.2.- Station d'échantillonnage (fig.43)

De septembre 1971 à décembre 1972 les traits ont été effectués juste en face du débouché du canal de Vridi dans la lagune Ebrié sur des fonds de 18 m (station A). En décembre 1972 la mise en service, par le port d'Abidjan, d'un très puissant éclairage au sodium nous a amené à nous déplacer vers l'amont, près du village d'Azito, sur des fonds de 6-8 m (station B). Il ne nous a pas été possible de comparer les deux stations par des échantillonnages simultanés mais nous avons effectué une campagne mixte, débutant à la station A pour la première moitié de la nuit et se poursuivant à la station B pour la seconde moitié. Ce test n'a pas permis de mettre en évidence de différence nette entre les stations.

Dans l'exposé des résultats nous examinerons l'ensemble des données obtenues aux deux stations.

2.3.- Périodicité d'échantillonnage et définition de l'indice d'abondance.

2.3.1.- Mise en évidence des rythmes nycthéméral et tidal.

Pendant une première série de quatre tests préliminaires, des traits de plancton, d'une durée approximative de 15 mn, ont été effectués à la cadence d'une opération par heure, au cours d'un cycle complet de 24 heures aux quatre phases lunaires (NL, PQ, PL, DQ). Ces campagnes destinées à mettre en évidence les rythmes nycthéméral et tidal, devaient permettre par la suite d'optimiser l'échantillonnage.

L'abondance des larves dans la couche de surface (entre 0 et 1,5 m environ), nulle dans la journée, varie régulièrement au cours de la nuit suivant une courbe qui est unimodale ou bimodale suivant la phase lunaire. En premier et dernier quartier l'abondance était maximale vers le milieu de la nuit ; en pleine et nouvelle lune, elle était maximale juste après le crépuscule et un peu avant l'aube. En attendant une meilleure définition du rythme tidal, il fut décidé d'échantillonner pendant une nuit complète, de 18 heures à 6 heures du matin, à la cadence d'un trait par heure, d'une durée de 15 minutes, toutes les semaines à chaque phase lunaire. Ce principe a été appliqué de septembre 1971 à mai 1973 mais de façon très irrégulière à cause des trop fréquentes défections du matériel navigant. Une première analyse de ces données permettait cependant de confirmer nettement la superposition d'un rythme tidal et d'un rythme nycthéméral dans l'évolution de l'abondance au cours de la nuit (fig.44). Les courbes d'abondance sont irrégulières en mortes eaux pendant les premier et dernier quartiers et la position moyenne d'un maximum difficile à définir de façon sûre. En revanche, les courbes d'abondance de vives eaux en pleine et nouvelle lune, sont nettement bimodales et le premier maximum apparaît toujours entre 18 heures et 20 heures 30. Le deuxieme maximum apparaît entre 3 heures et 6 heures du matin. Ce rythme est probablement lié aux marées dans la mesure où la marée montante a lieu au milieu de la nuit en PQ et DQ, et au début et à la fin de la nuit en PL et NL. Ceci confirme d'autre part la relation généralement admise entre les courants de flot et la migration postlarvaire.

2.3.2.- Choix d'un indice d'abondance.

L'abondance observée présente une variabilité très importante. Au cours d'une même nuit, ces variations sont liées aux courants de marée, aux changements d'éclairement etc... Dans le cas de traits de surface il est évident que la capture des larves dépend essentiellement de leur disponibilité dans la couche superficielle. Il est possible dans notre cas de choisir comme indice d'abondance, pour la

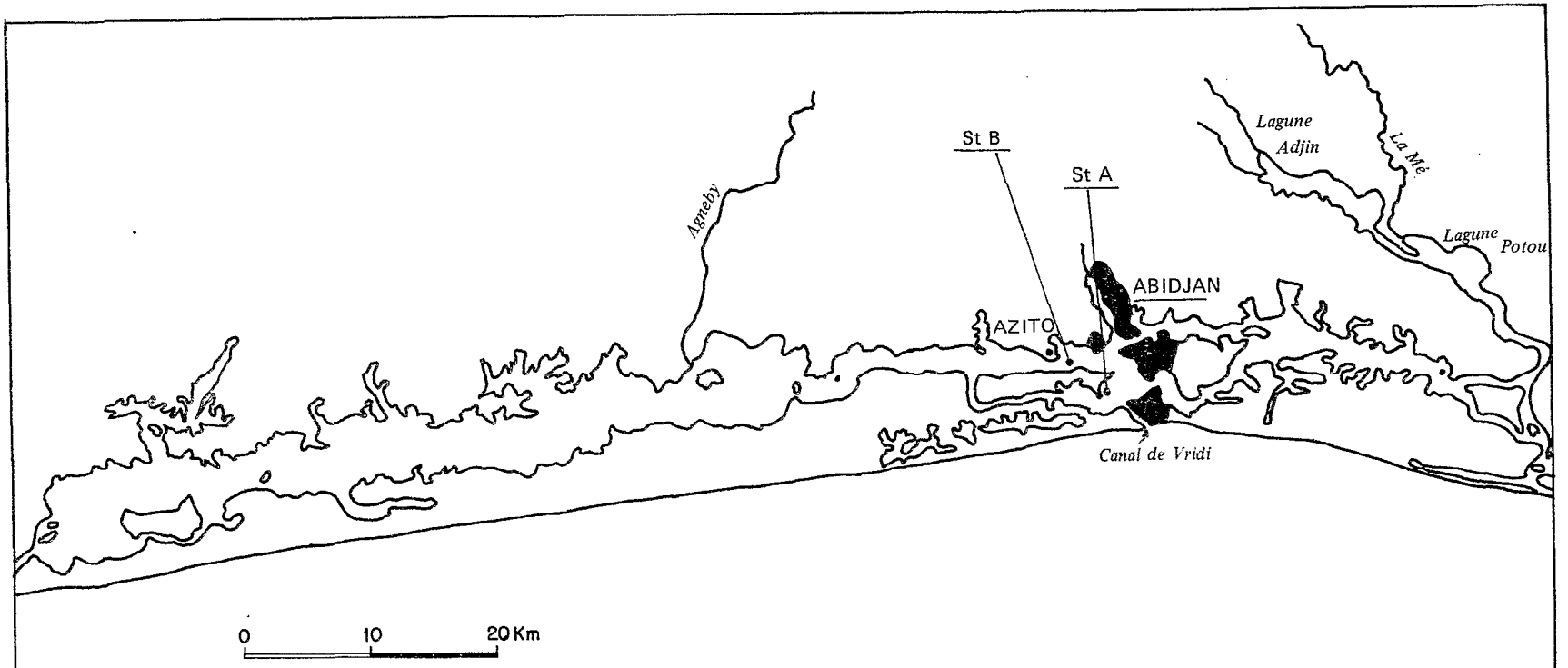


Fig 43 Système lagunaire EBRIE et stations d'échantillonnage des postlarves.

nuit où le prélèvement est effectué, soit la superficie de la courbe calculée au planimètre, soit la moyenne des observations, soit la valeur maximale observée. Des essais effectués sur les données recueillies de septembre 1971 à mai 1973 ont montré que les trois indices donnaient des résultats identiques. Nous avons donc choisi la troisième possibilité pour la raison suivante : les campagnes de prélèvement effectuées à l'aide d'une embarcation légère, découverte, ont souvent été interrompues par de violents orages ou des passages de cargos. Ces séries incomplètes ne pouvaient donc être utilisées pour la planimétrie ou le calcul des moyennes alors que l'un des maximums était souvent bien obtenu. Le choix de la valeur maximale permettait donc une meilleure utilisation des données disponibles recueillies de septembre 1971 à mai 1973. A la suite de ce choix, nous avons décidé de modifier à partir de juin 1973 la stratégie d'échantillonnage pour tenir compte des résultats préliminaires. En effet, les courbes d'abondance nocturne des larves en PL et NL étant bimodales (fig.44), il apparaissait possible de réduire l'échantillonnage à la seule première moitié de la nuit, dans la mesure où la première et la deuxième partie de la nuit contenaient une information redondante.

Nous avons calculé la droite des moindres rectangles ajustant la relation entre le premier et le deuxième maximum (fig.45A). Nous avons tout d'abord considéré séparément les périodes de PL et NL puis nous les avons regroupées. Dans un souci de normalisation, les effectifs planctoniques ont été transformés suivant une fonction $(\log)^2$ conseillée par FRONTIER (1974). Si X et Y représentent respectivement la valeur du premier et du deuxième maximum les résultats sont les suivants :

$$\log^2 Y = 0{,}831 \log^2 X + 0{,}134$$

$$r = 0{,}721 \text{ pour 18 degrés de liberté}$$

Ce coefficient de corrélation est significatif au seuil de 0,1 %. D'autre part, le coefficient de régression ne peut pas être considéré comme significativement différent de 1. En effet, l'hypothèse nulle H_0 : pente = 1 ne peut être rejetée au seuil de 5 % (t obs = 1,14 inférieur à 2,10). Il est donc possible de considérer la première valeur maximale obtenue comme un indice d'abondance. A partir de juin 1973, le programme a donc été réduit à 2 sorties par mois, au moment de la Pleine et Nouvelle lune. Pour obtenir le premier maximum d'abondance avec une bonne précision, nous avons procédé de la façon suivante : dès le coucher du soleil une série de 12 traits d'une durée de 5 mn ont été effectués toutes les 10-12 mn environ entre 18 h 30 et 21 h 00, couvrant ainsi la période d'apparition du premier maximum. La réduction des traits de plancton à 5 mn permettait, d'une part de les multiplier, mais également de réduire les problèmes de colmatage rencontrés très souvent dans ces eaux lagunaires très riches.

Les variations de cet indice d'abondance sont portées sur la figure 46 On note des variations très importantes dues à l'influence d'un cycle lunaire. En effet, nous avons observé au paragraphe 2.3.1. la présence d'un rythme lunaire probablement lié aux marées. En période de vives eaux la courbe présente deux maximums encadrant la nuit ; en période de mortes eaux l'abondance est en général maximale vers le milieu de la nuit.

L'analyse des données recueillies de septembre 1971 à mai 1973 a montré qu'il existait une autre manifestation du rythme lunaire. Nous ne disposons, pendant cette période, que de quatre cycles lunaires complets, c'est à dire pour lesquels des échantillons ont été récoltés au cours des 4 phases. Ils montrent cependant que l'indice d'abondance, tel qu'on l'a défini au paragraphe 2.3.2, varie d'une phase à

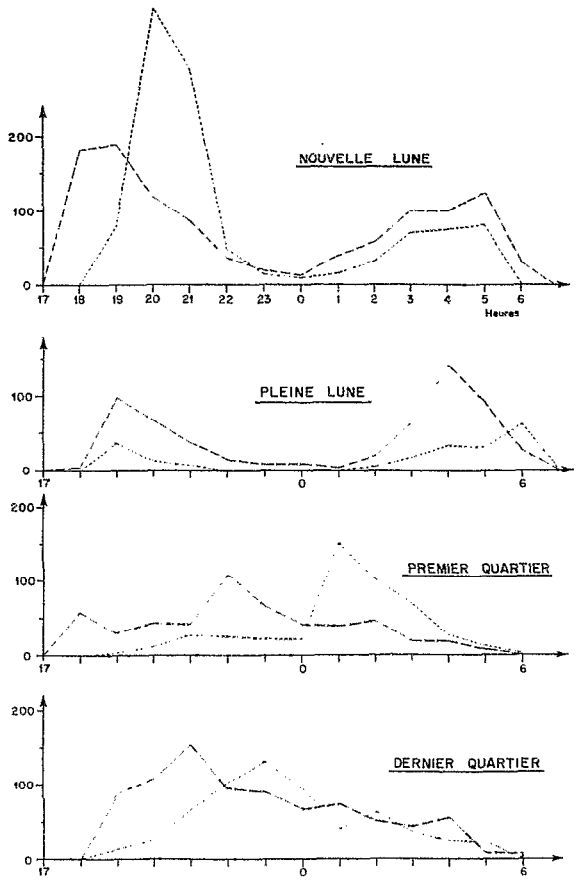


Fig. 44 - Variation d'abondance des postlarves à la station A (---) et à la station B (...) pendant la nuit.

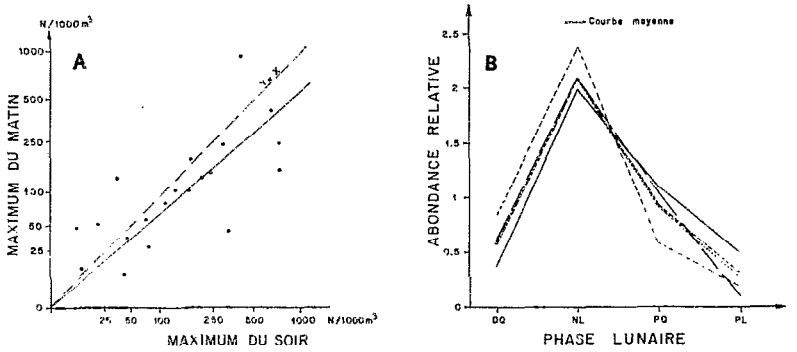


Fig. 45 - A Relation entre le premier et le deuxième maximum d'abondance des larves en nouvelle et pleine lune.

B Variations de l'abondance des larves en fonction de la phase lunaire

l'autre de façon cohérente. Pour pouvoir comparer entre eux les quatre cycles correspondant à des abondances absolues différentes, nous avons transformé les abondances absolues en abondances relatives en divisant dans chaque cycle complet, les valeurs observées par la moyenne des abondances dans chaque cycle. Les courbes obtenues sont regroupées sur la fig.45 B . La courbe moyenne correspond aux valeurs suivantes :

Phase	DQ	NL	PQ	PL
Indice relatif moyen	0,62	2,19	0,93	0,28
Erreur standard	0,10	0,008	0,13	0,08

L'abondance est maximum en NL et minimum en PL. Ces observations confirment celles de SUBRAHMANYAM (1965) sur *Metapenaeus dobsoni*. Pour ROESSLER, JONES et MUNRO (1969) le maximum s'étend de la NL au PQ. La rentrée des larves est liée au rythme des marées. Les courants de marée ont la même force en NL et PL. Il faudrait donc admettre que les faibles valeurs observées en PL sont dues à un effet de répulsion de la lumière lunaire, éloignant les larves hors de la zone d'action du filet à plancton (entre 0,30 et 1,50 mètre). Nous avons observé à quatre reprises, en DQ (octobre 1971) en PL (novembre 1974, janvier et mai 1975) des valeurs supérieures aux valeurs qui les encadrent. Trois de ces observations correspondent aux périodes de turbidité élevée, liée aux apports continentaux, ce qui tendrait à confirmer cette hypothèse.

En conclusion, nous avons considéré que la meilleure façon de définir les variations saisonnières de l'abondance était de suivre les valeurs obtenues en NL, période d'abondance maximale.

3.- VARIATIONS SAISONNIERES D'ABONDANCE

3.1.- Relations entre la maturité sexuelle et l'abondance larvaire.

Nous avons représenté sur la figure 46 les variations observées en soulignant (en grisé) les variations des indices obtenus en nouvelle lune. Bien que la série de données 1971-1972 soit très incomplète nous avons tenu à la faire figurer car elle apporte certains éléments de discussion.

Nous avons également porté sur cette figure la courbe de variation du pourcentage de femelles mûres. On pouvait, a priori, espérer obtenir une bonne relation entre l'état de maturité du stock et l'abondance des larves. Apparemment il n'en est rien, et l'on peut trouver à ceci plusieurs raisons. Tout d'abord, le pourcentage de maturité est calculé pour l'ensemble du plateau ivoirien, sur des crevettes provenant des trois fonds de pêche principaux, de Grand-Bassam, Grand-Lahou et Sassandra-Tabou, alors que la zone d'origine des larves entrant en lagune Ebrié est certainement plus localisée.

D'autre part, le nombre de larves entrant en lagune doit surtout être proportionnel au nombre de larves émis, lequel dépend, d'une part, du pourcentage d'individus mûrs mais surtout de leur effectif et de leur âge, car le nombre d'oeufs théoriquement émis augmente avec l'âge (MARTOSUBROTO 1974). Notons également que le passage des larves vers l'intérieur de la lagune s'effectue à travers un étroit goulet de quelques dizaines de mètres de large avec une circulation d'estuaire à deux

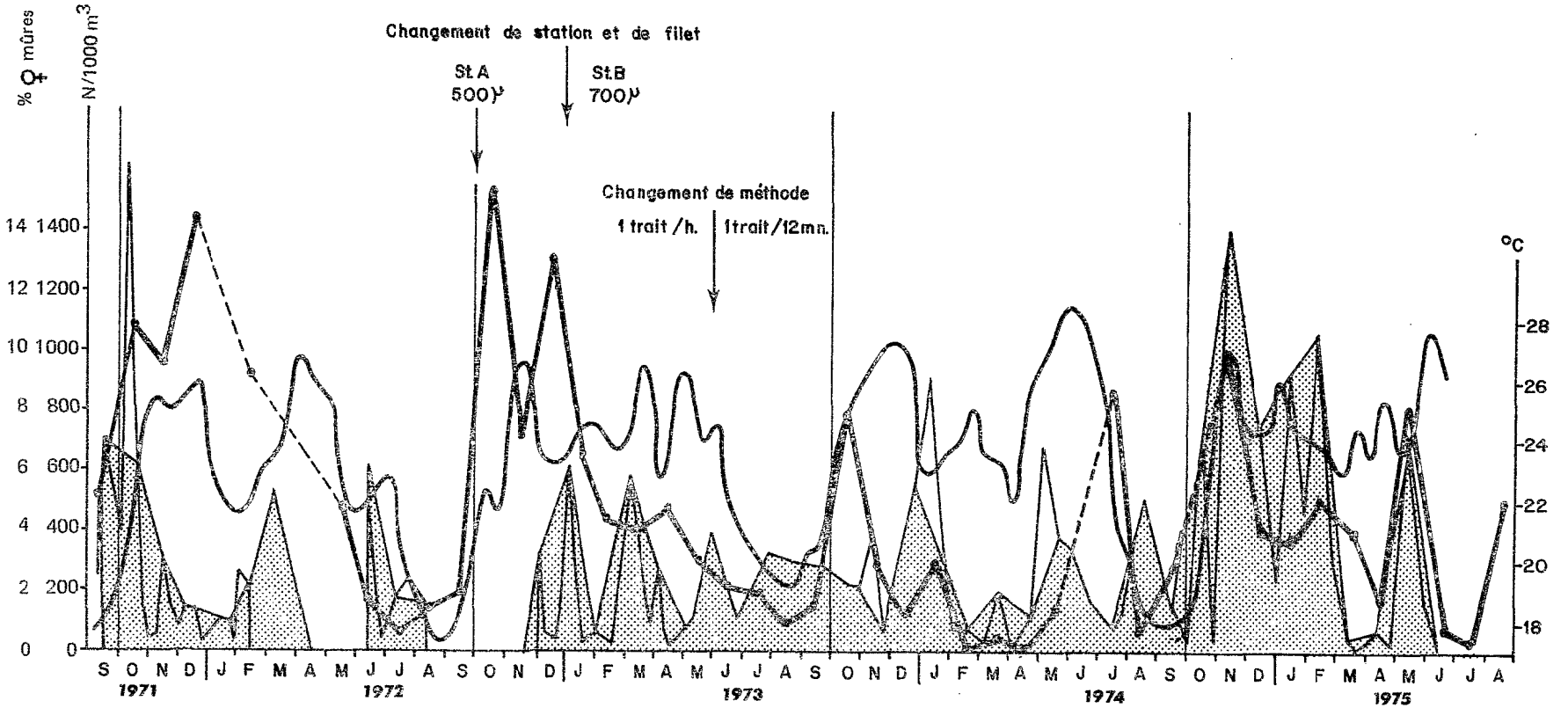


Fig. 46 - Evolutions saisonnières de la maturité sexuelle (▬▬), de l'abondance larvaire (——) et de la température à 20 m (▬▬).
Les abondances larvaires observées en nouvelle lune ont été reliées entre elles et la courbe est soulignée par une trame.

couches et il est probable que l'entrée des larves est étroitement liée aux mécanismes d'échanges d'eaux entre les deux milieux. Il est évident, en effet, que les fortes crues, en gênant l'entrée des eaux marines peuvent freiner l'entrée des larves. En revanche, en période d'étiage, le niveau lagunaire baisse beaucoup et le bilan d'entrée d'eau de mer positif, facilite certainement l'entrée des larves. Nous verrons au paragraphe suivant que certaines de nos observations peuvent être reliées à ces interactions mer-lagune.

Il existe cependant, entre les deux phénomènes de maturation et d'entrée des larves, tels que nous les avons observés, une certaine cohérence que nous allons essayer de dégager. Nous soulignerons également les incohérences en essayant de les expliquer. L'âge des postlarves entrant en lagune étant de 2 à 3 semaines suivant les conditions du milieu, nous admettrons qu'un pic de larves correspond à un pic de maturation, quand il a été observé le même mois ou le mois suivant. On peut alors trouver une bonne concordance entre les deux phénomènes pour les périodes suivantes : décembre 1971-janvier 1972, décembre 1972-janvier1973, mars 1973, novembre 1974, février 1975 et mai 1975. Le maximum observé en août 1974 fait suite à une valeur très élevée de la maturité en juillet et pourrait lui être relié. Mais nous verrons, par la suite, qu'une raison différente ou complémentaire peut expliquer également ce recrutement larvaire en saison froide.

En résumé, pour la série de données la plus complète (de novembre 1972 à juin 1975), on a observé 9 pics de maturité, auxquels peuvent être rattachés 6 pics d'abondance larvaire (ou 7 si l'on compte celui d'août 1974) soit environ 70% d'entre eux. La liaison entre maturité et abondance des larves n'est donc pas si faible qu'elle le paraît au premier abord. Ce résultat est fortement confirmé par la similitude entre les courbes moyennes annuelles de maturité et d'abondance larvaire, ainsi qu'entre ces deux courbes et celle du recrutement en mer (fig. 47). Notons que la dernière série de données, d'octobre 1974 à juin 1975 comprend des effectifs beaucoup plus élevés que les séries précédentes. Il était donc préférable de normaliser les séries, pour éviter la dominance de la dernière dans la structure de l'année moyenne. Une bonne méthode aurait été de rapporter pour chaque série, chaque valeur à la moyenne de la série. Malheureusement, trois séries sur quatre sont incomplètes. Les abondances dans la dernière série étant environ le double de celles des précédentes, nous avons simplement divisé ses effectifs observés par deux avant d'effectuer le calcul de la moyenne.

Parmi les incohérences à retenir, notons que les valeurs élevées pour la maturité en novembre et décembre 1971 correspondent à des abondances larvaires parmi les plus faibles de toute la période d'observation. Nous n'avons pu trouver aucun biais dans l'échantillonnage permettant d'expliquer ce phénomène. Il est à noter que la chute de l'abondance des larves dès la mi-octobre correspond à l'arrivée sur les fonds à crevettes de la masse des eaux dessalées d'origine libérienne, qui provoque l'enfoncement de la thermocline et le refoulement du peuplement de crevettes sous-jacent jusqu'aux limites bathymétriques inférieures de sa distribution. Les crues de septembre-octobre 1971 ont été exceptionnellement fortes et l'on peut se demander si, au cours des années exceptionnellement pluvieuses, l'épaisseur de la couche d'eaux dessalées ou la force des flux de sortie ne sont pas un obstacle à la migration des larves vers les embouchures, surtout lorsqu'il n'en existe qu'une, étroite comme c'est le cas pour les lagunes ivoiriennes.

Ainsi, le maximum de maturité d'octobre 1973 n'est pas suivi d'un pic d'abondance larvaire net. En revanche, le pic de maturité de novembre 1974, qui se produit après la crue, est bien suivi d'un maximum très net de l'abondance larvaire.

3.2.- Chronologie des générations.

Nous adopterons les définitions de GALOIS (1975) et considèrerons qu'une génération est l'ensemble des individus issus d'un maximum de ponte saisonnier. Ces générations peuvent être divisées en cohortes par des phénomènes secondaires (rythmes lunaires d'entrée en lagune par exemple).

Les dates d'apparition des maximums de maturité et d'abondance larvaire sont regroupées sur la figure 48, de façon schématique. Si l'on considère que le cycle de reproduction commence en octobre, juste après la grande saison froide et au moment des grandes crues, il apparaît dans l'année, en lagune Ebrié, au maximum 5 générations, numérotées pour des raisons pratiques de 1 à 5. Leur date d'apparition est très stable entre septembre 1971 et juin 1974. Elle diffère un peu pour le début de l'année 1975. L'écart entre les maximums successifs est de 2 à 3 mois. GALOIS (1975) étudiant une "nurserie" en lagune Ebrié dénombre également 5 générations et suppose l'existence de 5 maximums de ponte privilégiés.

Ce schéma idéal n'est cependant pas exactement reproductible tous les ans. Nous avons vu que la ponte était étroitement liée aux conditions ambiantes, à la durée de la période chaude, à la présence et à l'intensité des refroidissements, des crues ; il est donc certain que des variations par rapport à ce schéma apparaissent d'une année à l'autre. Ces variations affectent la présence ou l'absence d'un maximum de ponte, sa date d'apparition ou son intensité.

Il faut également rappeler que certains de ces maximums de ponte, parmi les plus importants, ne sont apparemment pas suivis d'un maximum de recrutement larvaire. Ceci implique soit que l'échantillonnage des larves à ces périodes est déficient (pour des raisons non élucidées), soit que ces larves sont soumises à une mortalité exceptionnelle en mer, soit que les échanges mer-lagune leur soient défavorables et empêchent leur entrée en lagune. Il se peut également que malgré un pourcentage élevé d'individus mûrs l'effectif du stock à ce moment là soit trop faible pour apporter une contribution importante au recrutement larvaire.

Dans un travail parallèle effectué à Madagascar, LE RESTE (1973 a et b) dénombre également 5 générations par an. RAO (1969) en Inde, sur plusieurs espèces de penaeïdes observe plusieurs maximums par an, séparés par deux mois environ. Il en déduit que cet écart pourrait correspondre au temps nécessaire pour reconstituer un stock d'ovules mûres, rejoignant sur ce point les suppositions de LINDNER et ANDERSON (1956).

Cette hypothèse implique cependant une synchronisation de la ponte entre les différentes générations difficile à expliquer dans l'état actuel de nos connaissances.

4.- VARIATIONS SAISONNIERES DU STADE DE DEVELOPPEMENT LARVAIRE.

Les postlarves portent sur le dessus du rostre des épines dont le nombre dépend du stade de développement. Calculée en 1973 et 1974, la proportion moyenne (en %) des différents stades dans les échantillons récoltés est la suivante :

Stade	2 E	3 E	4 E	5 E	6 E	7 E
1973	0,1	42,5	45,8	10,2	1,4	0
1974	0	46,3	46,9	6,2	0,5	0,1

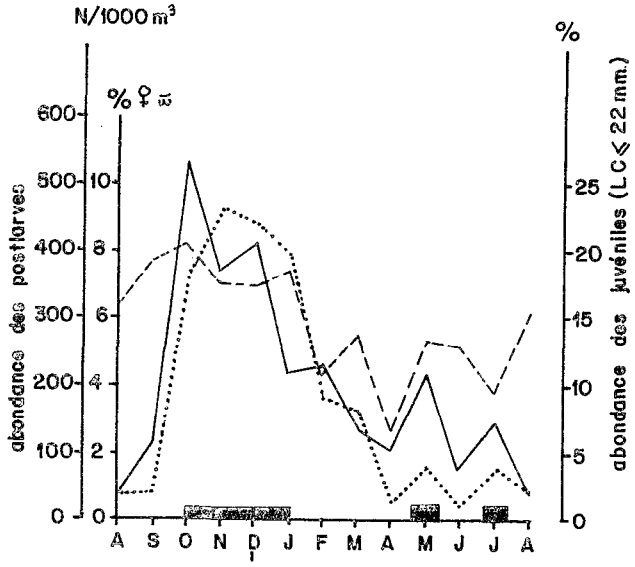


Fig. 47 -Variations saisonnières moyennes du pourcentage de femelles mûres (——), de l'abondance des larves en lagune EBRIE (- - - -) et du pourcentage d'immatures en mer trois mois plus tard (·····)

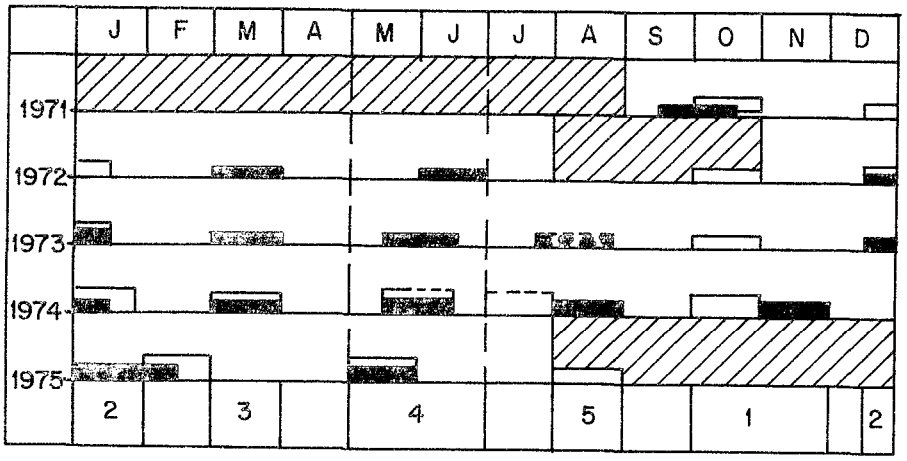


Fig. 48 - Chronologie des maximums de maturité (en blanc) et de l'abondance larvaire (en noir). En hachures: périodes où aucun échantillon de postlarves n'est disponible.

La très grande majorité des postlarves entre donc en lagune aux stades 3 et 4. La proportion des différents stades n'est pas stable et varie saisonnièrement. Nous avons calculé par exemple l'évolution du pourcentage de larves au stade 5 à l'aide de toutes les données disponibles (fig.49). La courbe passe par deux maximums en juin et septembre et par un minimum en août. La population de migrants est donc composée de larves à des stades plus avancés en juin et septembre, que pendant le reste de l'année. Les larves les moins avancées sont présentes en août. Ce phénomène peut signifier :

- soit que la ponte a lieu plus loin de la côte en juin et septembre et s'en approche en août,
- soit que le développement est plus rapide en juin et septembre et qu'il est ralenti en août,
- soit que la migration est plus lente en juin et septembre et plus rapide en août.

Nous pencherons plutôt pour cette troisième hypothèse. En effet, nous avons porté sur la figure 49 les variations saisonnières de niveau de la lagune (d'après VARLET, 1958) et des apports d'eaux douces totaux (d'après des données de TASTET, 1974). Les périodes où l'abondance des stades avancés est maximale correspondent aux principales saisons de décharge du système lagunaire Ebrié. Ceci peut signifier que les larves sont freinées dans leur déplacement vers la lagune par un fort courant de sortie. Le trajet serait plus rapide en août où les apports fluviaux sont faibles et le niveau de la lagune au plus bas.

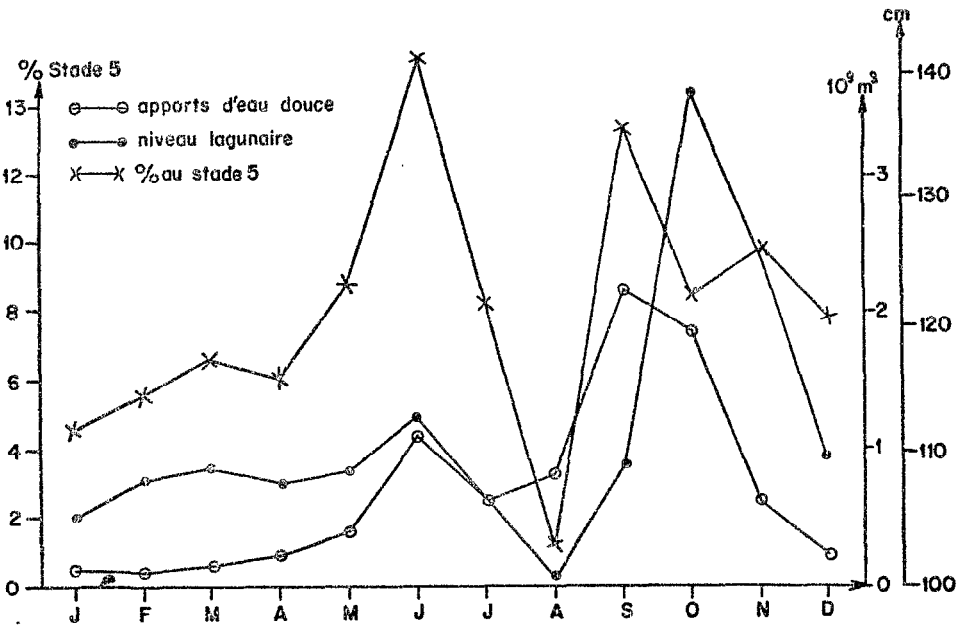


Fig. 49 - Variations saisonnières, du pourcentage de larves au stade 5, des apports d'eau douce au système Ebrié (TASTET 1974) et du niveau lagunaire (VARLET 1958)

5.- VARIATIONS SAISONNIERES DE LA TAILLE.

Les larves ont été mesurées de la pointe du rostre à l'extrémité des uropodes (longueur totale, LT) sous loupe binoculaire à l'aide d'un micromètre oculaire. Les tailles moyennes ont ensuite été calculées pour chaque stade du développement puis pour l'ensemble de l'échantillon. L'évolution des tailles moyennes est portée sur la figure 50.

L'entrée en lagune Ebrié s'effectue entre 8,5 et 11 mm de longueur totale, mais il existe des variations nettes synchrones pour tous les stades. Ces variations ne sont donc pas dues à des variations dans la composition de ce recrutement. Il ne s'agit plus de variations dans le stade de développement moyen des cohortes, mais de variations réelles dans la croissance des larves. Le regroupement de tous les stades et le calcul des tailles moyennes par quinzaine ayant montré que le phénomène était répétitif pour toutes les années disponibles, toutes les données ont été regroupées pour établir une seule courbe moyenne (fig.51). Celle-ci présente un minimum assez bien marqué en mai et un maximum en août-septembre-octobre.

Cette évolution des tailles est caractéristique des phénomènes saisonniers liés à l'hydrologie de la région en général et plus particulièrement à la température et aux facteurs connexes. Nous avons également porté sur la figure 51 les courbes moyennes d'abondance du phytoplancton de septembre 1971 à mai 1975 (d'après des données de DANDONNEAU comm. pers., 1975) et des copépodes de septembre 1971 à décembre 1974 (d'après des données de BINET comm. pers., 1975) ainsi que la courbe de la température à une profondeur de 20 m à la station côtière d'Abidjan de septembre 1971 à mai 1975. On note très nettement une relation négative avec la température et positive avec les abondances du phytoplancton et zooplancton. Les droites de régression ont été calculées à titre indicatif, par la méthode des moindres carrés, en utilisant toutes les moyennes par quinzaines disponibles de 1971 à 1975. Les résultats sont les suivants (fig.52) :

- Relation phytoplancton / taille des larves (fig.52A).

Si Y est la longueur totale en mm et X l'abondance du phytoplancton exprimée en log du nombre de cellules / litre :

$n = 74$

$Y = 0,59\ X + 7,14$

$r = 0,570$ (significatif à 0,1 %)

La relation entre l'abondance du plancton et la taille une quinzaine plus tard est pratiquement inchangée :

$n = 72$

$Y = 0,60\ X + 7,10$

$r = 0,560$ (significatif à 0,1 %)

- Relation zooplancton / taille des larves (fig. 52B).

Si Y est la longueur totale en mm et X l'abondance du plancton exprimée en $\log^2$ du nombre d'individus :

$n = 64$ couples

$Y = 0,17\ X + 7,57$

$r = 0,54$ (significatif à 0,1 %)

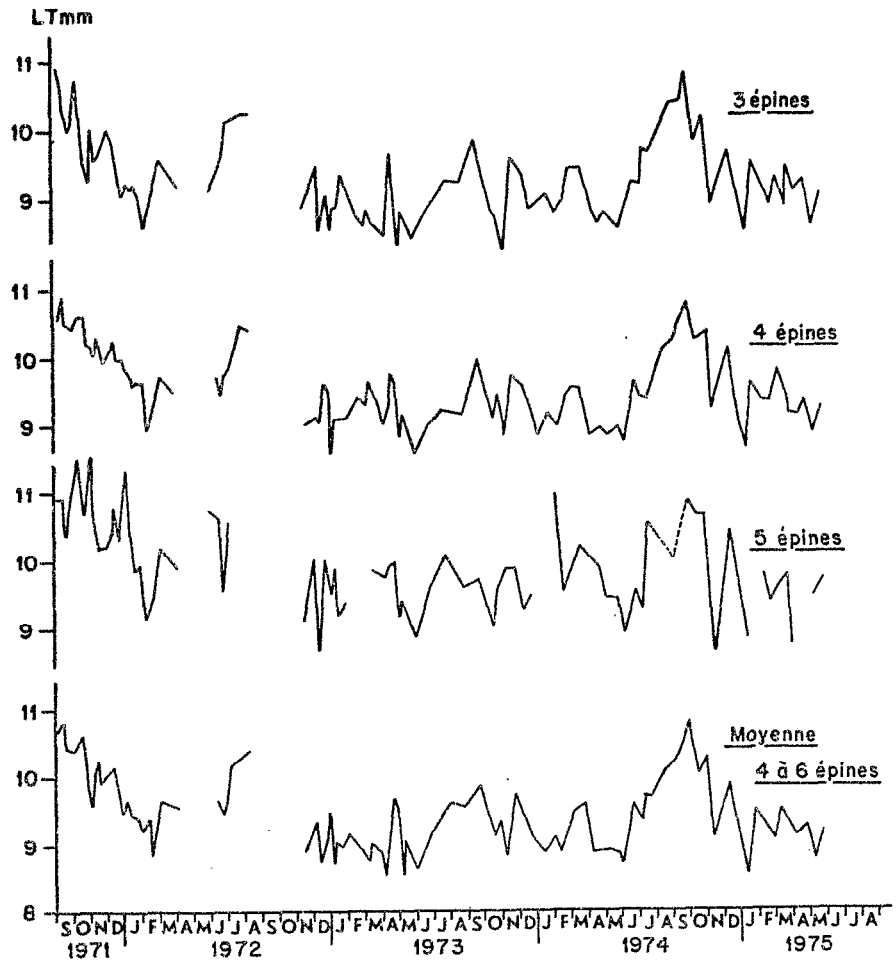


Fig. 50 - Variations saisonnières de la taille des postlarves (longueur totale) pour les différents stades

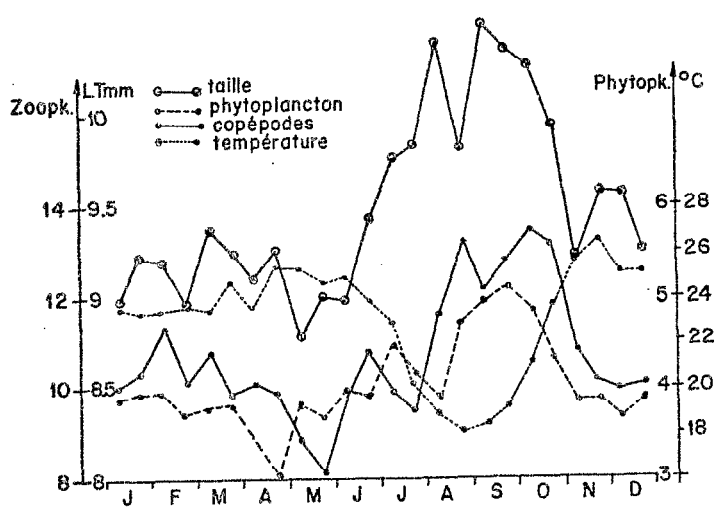


Fig. 51 - Variations saisonnières de la taille des larves, de l'abondance du phytoplancton, des copépodes et de la température à 20m, à la station côtière d'Abidjan. (moyennes Sept. 71 - Mai 75)

- Relation température / taille des larves (fig.53).

Si Y est la longueur totale en mm et X la température à 20 m à la station côtière d'Abidjan :

$n = 74$

$Y = -0,12 X = 12,32$

$r = 0,60$ (significatif à 0,1 %)

Ces résultats sont à rapprocher de ceux obtenus par BINET (1975) dans la même région sur les copépodes. Il observe une augmentation de la taille en relation avec la richesse planctonique et en relation inverse avec la température. Des relations de ce type sont très fréquentes pour les espèces holoplanctoniques (BOUGIS, 1974).

Cette relation est très vraisemblablement d'ordre trophique. BAXTER et RENFRO (1966) ont également observé pour *P. aztecus*, à l'entrée de la baie de Galveston, des variations saisonnières de la taille. Les larves les plus grandes se rencontrent en hiver de décembre à mars et leur taille diminue pendant l'été pour augmenter à nouveau à l'automne de septembre à décembre. Pour ces auteurs, le phénomène serait lié, soit à une augmentation de la vitesse de croissance en saison chaude soit au fait que les adultes pondent plus près de la côte en été.

COPELAND et TRUITT (1966) observent les mêmes variations pour la même espèce, à l'entrée d'une autre lagune du Texas et invoquent également la même théorie. Il est regrettable que ces deux auteurs n'aient pas observé le stade de développement des larves récoltées.

6.- CONCLUSIONS

L'abondance des postlarves en surface à l'entrée de la lagune Ebrié, considérée comme un indice de l'intensité de la migration vers les zones de croissance lagunaire suit des rythmes nycthéméraux, lunaires et saisonniers. Les larves ne sont présentes que la nuit. La courbe d'abondance nocturne est unimodale ou bimodale suivant la phase lunaire et cette allure est probablement liée au mécanisme des marées. L'abondance globale dépend de la phase lunaire ; elle est maximale en nouvelle lune, minimale en pleine lune et intermédiaire pour les premier et dernier quartiers. Ces variations reflètent soit un rythme lunaire de ponte, soit plus probablement, un rythme de marées avec interaction de la lumière lunaire diminuant l'abondance de larves en surface en pleine lune.

Les variations saisonnières de l'indice d'abondance des postlarves confirment que la ponte dure toute l'année. Le recrutement postlarvaire dans la lagune passe cependant par des maximums (4 ou 5 dans l'année), dont le nombre et la position peuvent varier légèrement d'une année à l'autre.

Le groupement des données en une seule année moyenne résume assez bien le phénomène (fig.47) : l'abondance des larves est élevée de septembre à janvier puis diminue fortement jusqu'en avril où elle est minimum. Il existe un maximum secondaire en mai-juin. Ce schéma confirme les résultats obtenus par l'étude de la maturité sexuelle. L'excellente correspondance entre les courbes moyennes annuelles de maturité sexuelle, d'abondance larvaire et de recrutement des immatures trois mois plus tard nous permet de penser que le phénomène de reproduction est décrit correctement dans cette étude. Ces résultats seront repris dans le dernier chapitre pour une étude théorique des mécanismes de reproduction.

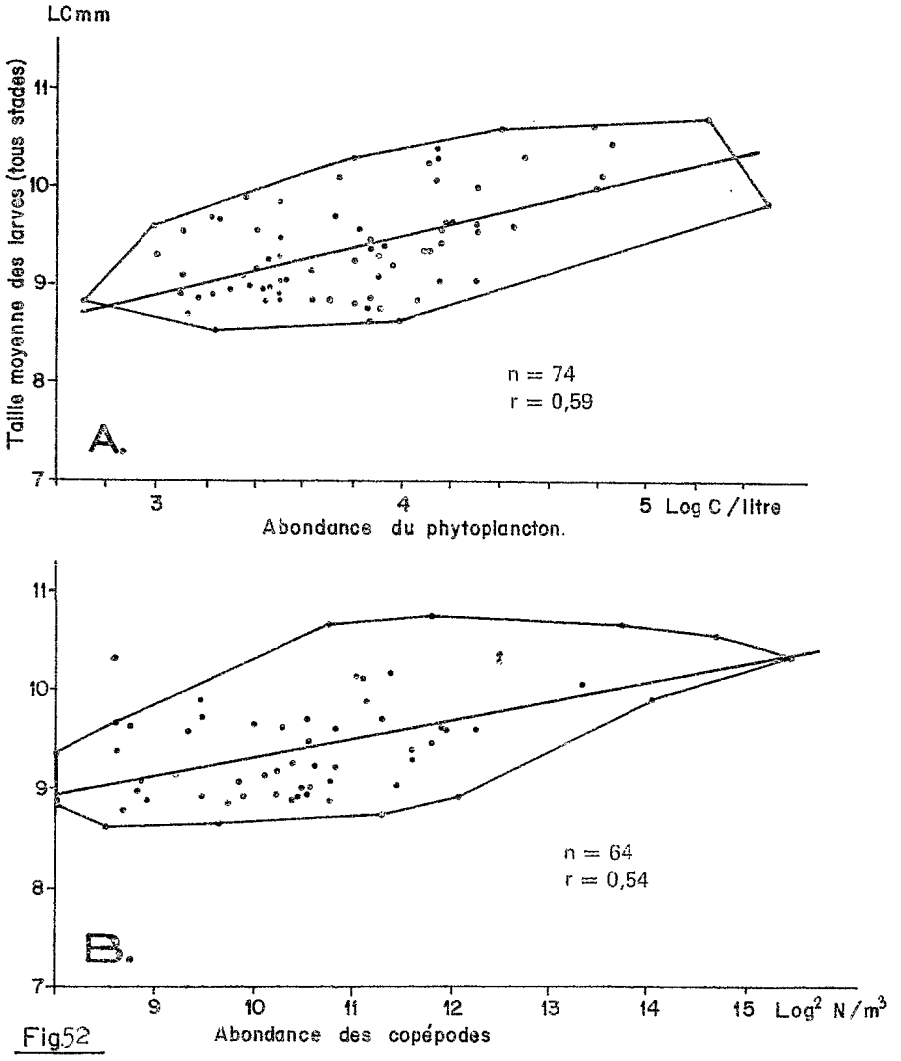


Fig52

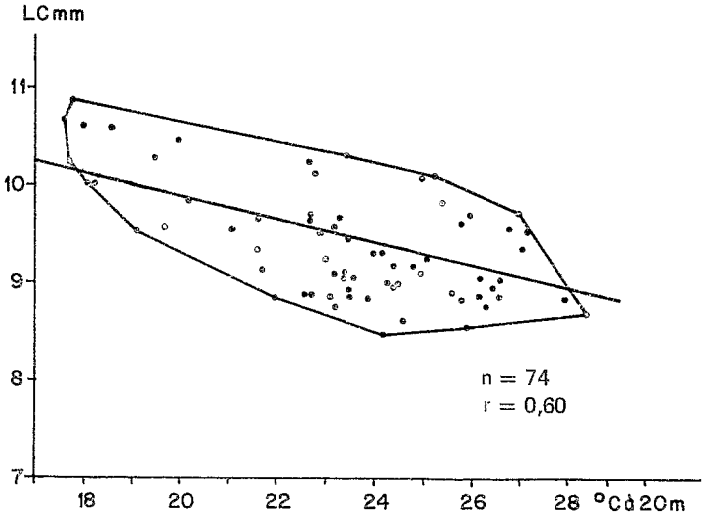


Fig 53 Relation entre la taille moyenne des postlarves en lagune EBRIE et température à 20m. à la station côtière d'ABIDJAN (moyennes par quinzaines 1971-1975)

Fig 52 Relation entre la taille moyenne des postlarves à l'entrée de la lagune EBRIE et richesse planctonique mesurée à la station côtière d'ABIDJAN. (moyennes par quinzaines 1971-1975)

L'étude des stades de développement au moment de l'entrée en lagune suggère qu'en août, l'entrée des larves est facilitée par un bilan positif d'entrée d'eau de mer dans la lagune. Cette entrée est au contraire ralentie en juin et septembre-octobre au moment des deux principales saisons de décharge continentale. Il n'est pas exclu, que certaines années, ce ralentissement de l'entrée ne s'accompagne d'une mortalité élevée pour les larves issues du maximum de ponte d'octobre.

La taille atteinte par les larves au moment de leur entrée en lagune varie au cours de l'année. Elle est maximum en août-septembre en pleine saison froide et minimum en mai. Elle est une fonction inverse de la température et une fonction directe de l'abondance du plancton. La relation de cause à effet, si elle existe, est probablement de type trophique.

CHAPITRE V

LA MIGRATION DES JUVÉNILES ET LEUR EXPLOITATION

1.- INTRODUCTION

Les premières données concernant l'exploitation des juvéniles par une pêcherie artisanale ont fait l'objet d'une publication préliminaire en 1972 portant sur l'étude des statistiques de pêche obtenues auprès de la coopérative de Grand-Lahou (dans la lagune Tagba) de 1967 à 1971. Nous avons, depuis, recueilli celles de 1972 pour la même pêcherie, ainsi que des statistiques pour la période 1969-1975 en lagune Ebrié. Il nous a semblé utile de reprendre ici l'ensemble des résultats et d'en faire la synthèse.

L'analyse de ces données faisant intervenir des connaissances sur le milieu lagunaire, nous en ferons une description rapide et forcément sommaire car ce milieu est encore très mal connu. Les importants travaux entrepris dans ce domaine au C.R.O. d'Abidjan permettront bientôt de mieux comprendre les phénomènes en jeu.

2 - DESCRIPTION DU MILIEU PHYSIQUE LAGUNAIRE

2.1.- Description du complexe lagunaire (fig.54).

Une bonne description du complexe lagunaire ivoirien a été faite par RANCUREL (1971). Des travaux plus récents de GALOIS (1975) et TASTET (1975) font le point des connaissances en ce qui concerne la lagune Ebrié.

Si l'on excepte la région ouest de la Côte d'Ivoire, constituée de falaises rocheuses, le littoral ivoirien est bordé sur 400 km par un réseau de lagunes saumâtres plus ou moins interconnectées. Leur ouverture naturelle sur la mer subit des variations saisonnières importantes d'ensablement pouvant aller parfois jusqu'à l'occlusion complète pendant quelques mois, voire quelques années (lagune Ebrié par exemple).

Ce réseau de 120 000 hectares comprend 3 lagunes principales :

- L'ensemble des lagunes Tagba, Tadio et Niozomou à l'ouest, débouchant à Grand-Lahou, que nous nommerons simplement par la suite lagune Tagba et qui reçoit le fleuve Bandama et quelques rivières côtières.

- La lagune Ebrié : 125 km de long, 560 km2, débouchait naturellement à Grand-Bassam. Elle possède une seconde ouverture sur la mer (canal de Vridi) creusé artificiellement pour créer le port d'Abidjan. Actuellement l'ouverture naturelle est pratiquement fermée toute l'année et les échanges se font surtout par le canal de Vridi. Dans cette lagune se déversent le fleuve Comoé et deux principales rivières côtières : la Mé et l'Agneby.

- La lagune Aby-Tendo à l'ouest qui ne reçoit aucun grand fleuve mais seulement la Bia, une rivière d'importance moyenne.

2.2.- Pluviométrie (fig.55).

On distingue deux saisons des pluies principales correspondant aux deux passages du F.I.T. (Front Inter-Tropical), au-dessus de la basse côte. La grande saison des pluies se produit en mai-juin et correspond aux chutes les plus abondantes. La petite saison des pluies se produit en octobre-novembre. On note, en août, la présence d'une petite saison sèche assez bien marquée.

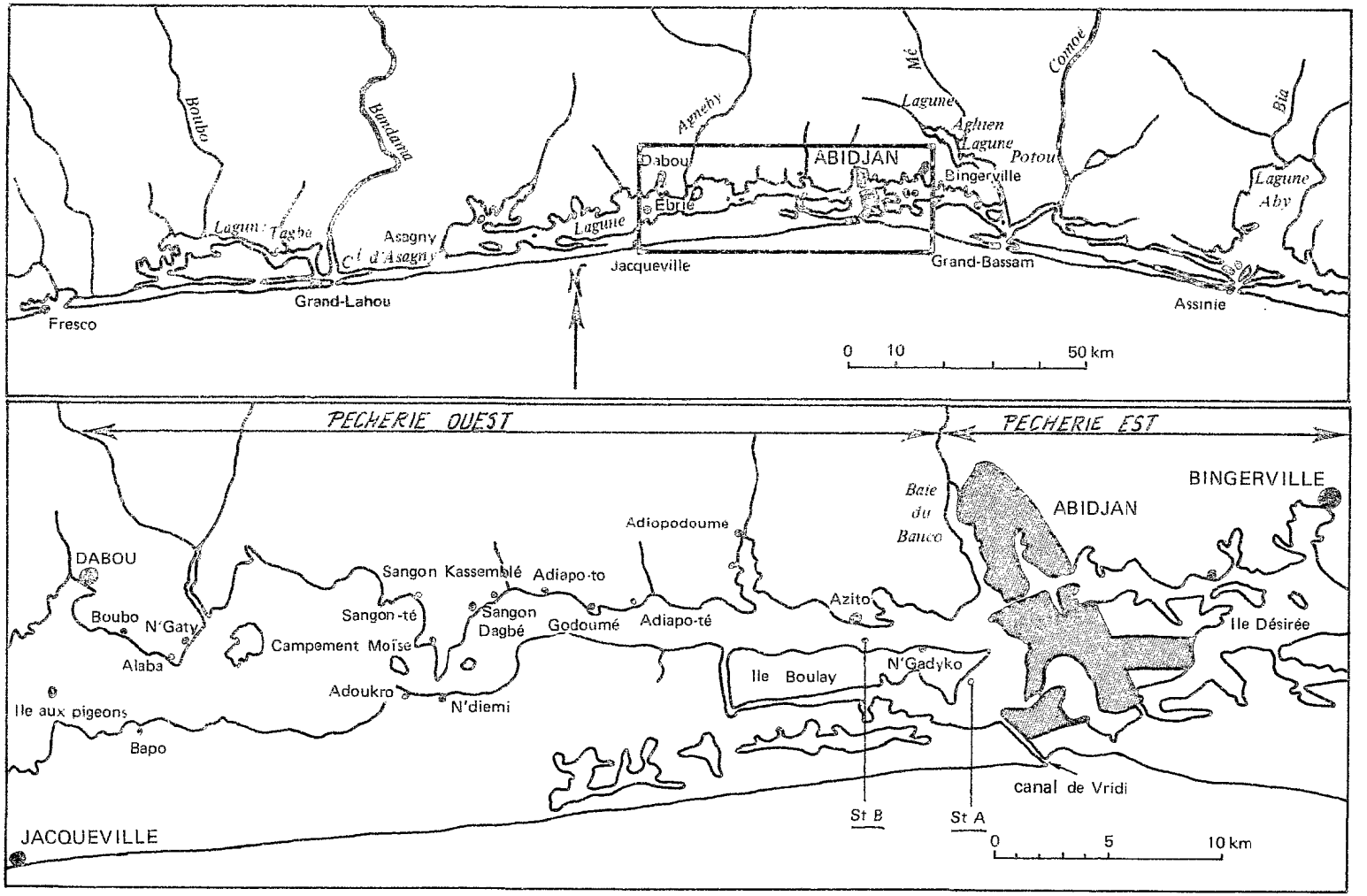


Fig. 54 Le complexe lagunaire ivoirien (en haut) et détail de la principale zone de pêche artisanale en lagune EBRIE (en bas)

2.3.- Apports continentaux.

Les principaux fleuves se déversant dans le système lagunaire sont le Bandama et le Comoé. Ce sont des cours d'eau de plus de 500 km de long. Leur bassin versant est soumis à un climat de type différent de celui de la basse côte et l'hydrogramme de ces fleuves passe par un maximum très net en septembre-octobre (fig.56). Les rivières côtières sont directement sous l'influence des pluies dans la basse côte et présentent donc un hydrogramme à deux maximums, en mai-juin et octobre-novembre. L'importance des apports de ces rivières est faible en comparaison de ceux des fleuves et le régime hydrologique des lagunes sera surtout influencé par ces derniers.

2.4.- Hydrologie lagunaire (d'après quelques données personnelles, d'autres non publiées de VARLET °, PRIVE °, ainsi que TASTET (1975), et GALOIS (1975)).

Seule la lagune Ebrié a été étudiée jusqu'à présent mais les résultats peuvent être étendus à la lagune Tagba. Il est possible que la lagune Aby, non alimentée par un grand fleuve, présente des caractéristiques un peu différentes.

Les eaux sont mixohalines. La salinité est élevée pendant les quatre premiers mois de l'année avec un maximum de salinité en février-mars (fig.57). La première saison des pluies provoque dès le mois de mai, une chute rapide de la salinité qui devient presque nulle en juin. Cette salinité augmente légèrement pendant la petite saison sèche, pour diminuer à nouveau pendant la deuxième saison des pluies. La dessalure serait, en fait, due beaucoup plus aux apports du Comoé qu'aux précipitations locales (DAGET et DURAND, 1968).

La lagune fonctionne comme un estuaire, elle reçoit de ses différents bassins versants 6 à 12 milliards de m3 par an, dont 2 à 5 % s'évaporent et le reste s'évacue en mer. Les apports suivent dans l'année une courbe bimodale (fig.59) avec un maximum secondaire en juin et un maximum principal en septembre-octobre qui traduit bien l'influence des grands fleuves.

Le niveau lagunaire (fig.57) passe par un minimum en janvier (en grande saison sèche) et en août (en petite saison sèche) et par un maximum fortement marqué en octobre (VARLET, 1958).

La température des eaux de la lagune et celle de l'air varient parallèlement et présentent deux maximums en avril et novembre, un minimum absolu en août et un autre secondaire en janvier, la température de l'eau restant toujours supérieure de deux ou trois degrés à la température de l'air (fig.58).

3 - DESCRIPTION DE LA PECHERIE ARTISANALE

3.1.- Evolution et répartition de la puissance de pêche.

Cette pêche artisanale a été introduite très récemment en lagune Ebrié (1967), mais existait depuis longtemps à très petite échelle à Assinie à l'embouchure de la lagune Aby et à Grand-Lahou, à l'embouchure de la lagune Tagba. L'exploitation est restée réduite dans ces deux dernières lagunes pour diverses raisons : éloignement, difficultés de transport dans des conditions sanitaires convenables et, peut-être, taille moyenne des crevettes plus faible qu'en lagune Ebrié. La puissance

---

° du C.R.O. d'Abidjan

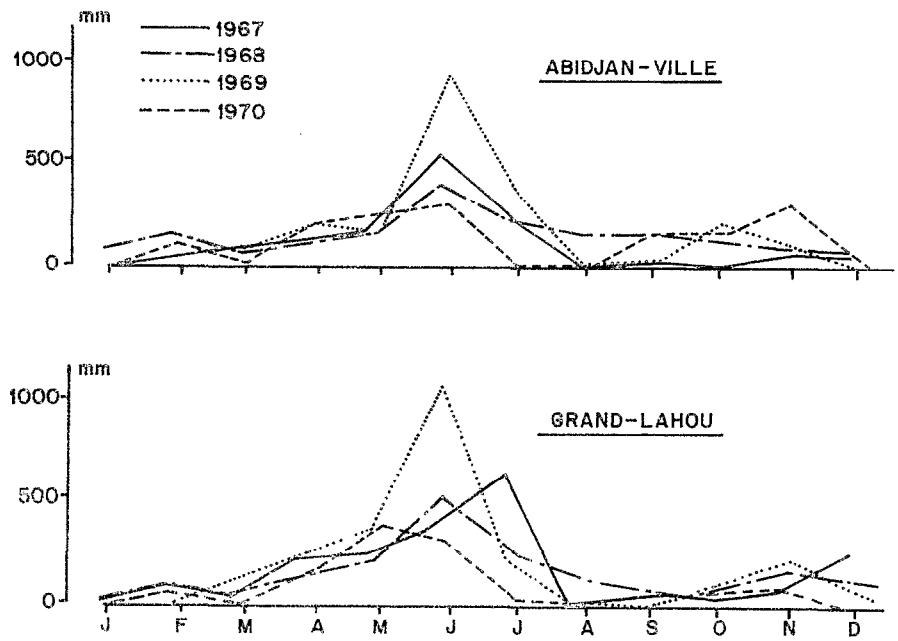


Fig.55 Moyennes pluviométriques mensuelles.

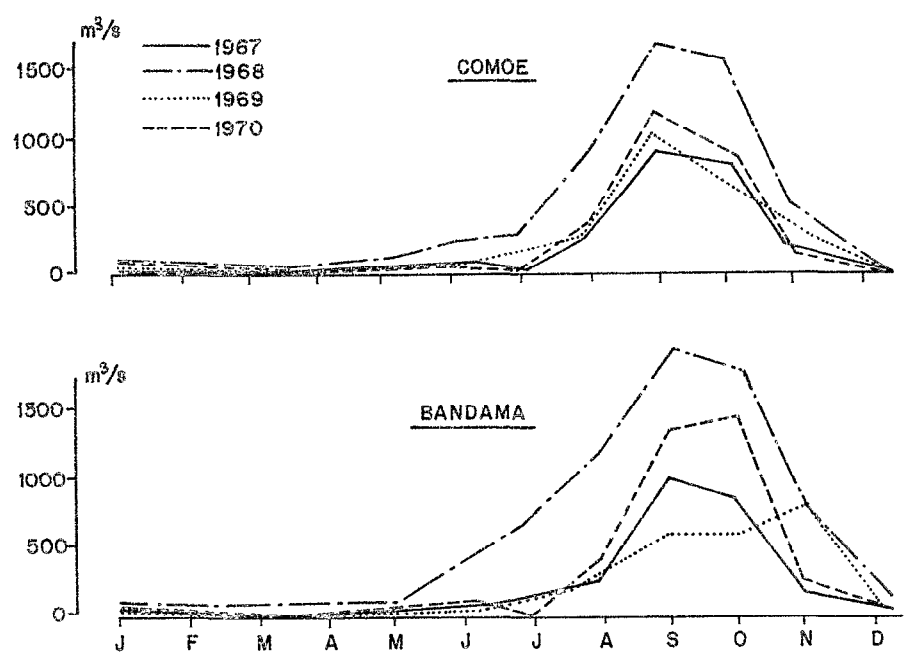


Fig 56 Débits mensuels des fleuves.

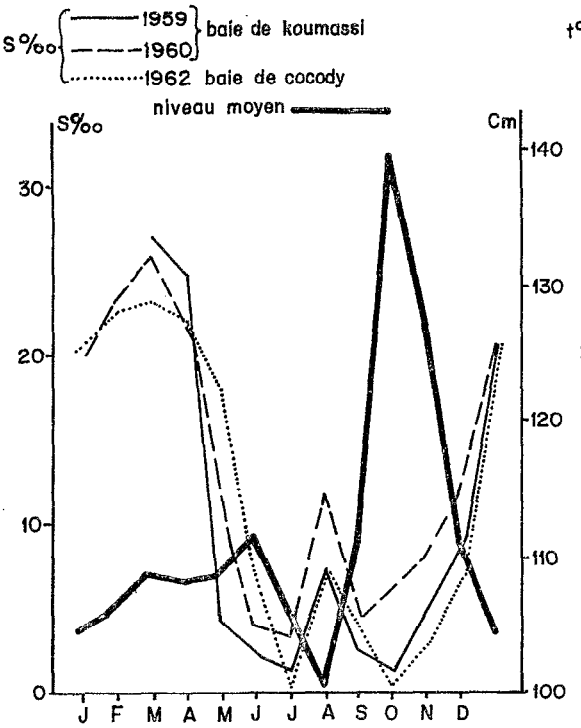


Fig 57 Salinités et niveau moyen de la lagune EBRIE. (d'apres Prive, Varlet et Daget)

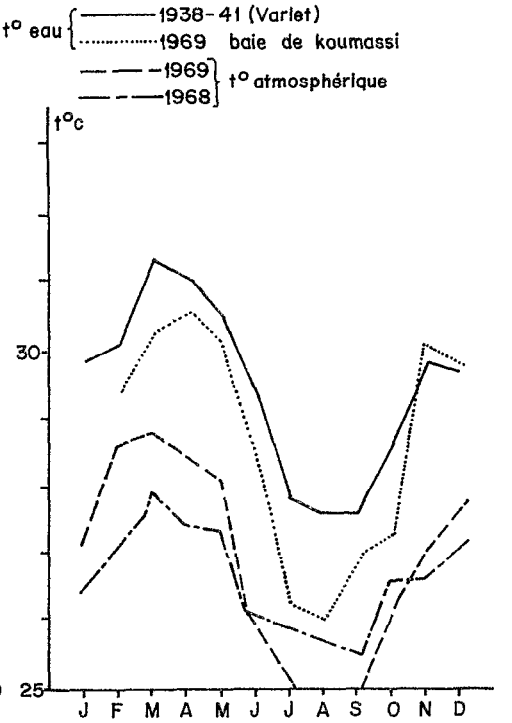


Fig 58 Températures de la lagune EBRIE.

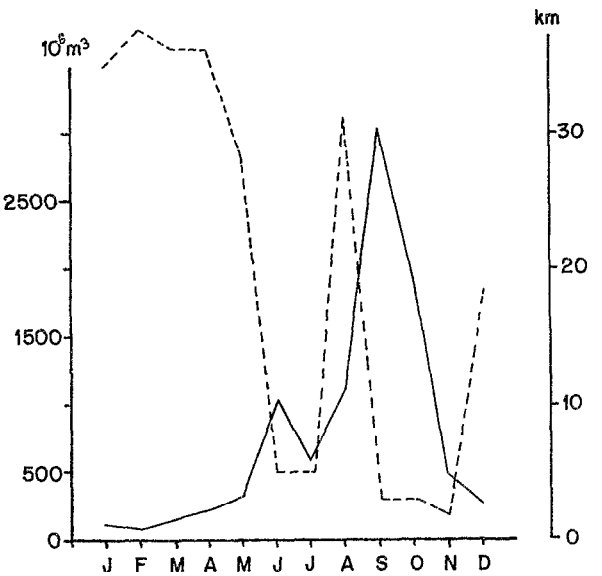


Fig. 59 Apports mensuels d'eau douce au système lagunaire EBRIE en 1972. (Tastet 1975) et extension vers l'OUEST des eaux ≥ 20 ‰ (dapres des données de Rancurel (1971))

de pêche de la coopérative de Grand-Lahou, de 1967 à 1972, n'a pas dépassé 10 pêcheurs possédant chacun 2 à 6 filets, appliquant donc un effort de 20 à 60 filets chaque nuit. Selon une enquête personnelle effectuée en 1972 auprès des industriels assurant la commercialisation, il y aurait eu, en 1971, 150 pêcheurs en tout dans la lagune, utilisant environ 500 filets. Une petite partie de cette puissance était utilisée en lagune Ebrié, à Assagny en saison sèche.

En lagune Aby, il existait à Assinie en 1966, 50 pêcheurs environ possédant 5 filets par personne ce qui donne un total de 250 filets mis en oeuvre. Cette puissance n'a pas évolué jusqu'en 1972 et peut être considérée comme stable jusqu'en 1975. Les crevettes sont également pêchées, très rarement, à la senne de plage. Il n'existe pas de statistiques détaillées des captures.

En lagune Ebrié, la pêcherie s'est développée très rapidement à partir de 1967 sous l'impulsion des industriels désirant augmenter la production de ce produit de luxe destiné principalement à l'exportation. La figure[72] montre l'évolution des quantités traitées dans les usines. La courbe traduit bien l'augmentation de l'effort de pêche de 1969 à 1971. Les premiers campements de pêcheurs dahoméens, ghanéens et parfois sénégalais se sont d'abord installés à Azito et sur l'île Boulay, près de l'embouchure du canal de Vridi, puis très rapidement ont colonisé la partie ouest de la lagune, d'Abidjan à Boubo. Une petite pêcherie existe saisonnièrement à Assagny, à l'extrémité ouest de la lagune Ebrié, près du canal reliant les lagunes Ebrié et Tagba. La partie est de la lagune fait également l'objet d'une exploitation entre Abidjan et Vitré. Nous ne disposons pas de données précises, continues sur l'évolution de cette puissance de pêche. Elle était nulle en 1966, les premières captures datent de 1967. Elle a ensuite augmenté très rapidement jusqu'en 1971. A cette date, selon notre enquête, il existait en lagune 2500 filets répertoriés par les industriels, appartenant à 500 pêcheurs, et 250 filets isolés soit un total de 2750 filets mis en oeuvre par 550 pêcheurs. En 1973 et 1974 nous avons entrepris l'inventaire exhaustif de la puissance de pêche dans l'ensemble de la lagune et obtenu les résultats suivants (BRIET, GERLOTTO, GARCIA, 1975) :

- Pêcherie est : 1676 filets manoeuvrés par 130 pêcheurs environ.
- Pêcherie ouest (Abidjan-Dabou) : 4100 filets manoeuvrés par 440 pêcheurs.
- Assagny : quelques pêcheurs de Grand-Lahou exploitent saisonnièrement une petite pêcherie située à l'extrême ouest de la lagune Ebrié. Nous estimons cet effort à 10 pêcheurs et 100 filets environ.

La puissance totale utilisée en 1974 en lagune Ebrié est donc de 5800 à 5900 filets mis en oeuvre par près de 580 pêcheurs. Si l'on compare ces chiffres avec ceux de 1971 on note que le nombre de pêcheurs a peu augmenté en 3 ans (16 %), mais qu'en revanche le nombre moyen de filets possédés et mis en oeuvre par un pêcheur est passé de 5 à 10, de 1971 à 1974, traduisant malgré une stabilisation des effectifs de pêcheurs, un doublement de la puissance de pêche entre 1971 et 1974.

3.2.- Techniques de pêche.

Les pêcheurs utilisent en Côte d'Ivoire deux méthodes différentes : la pêche au filet fixe et la pêche au filet trainant.

3.2.1.- La pêche au filet fixe.

Elle a été introduite très récemment en Côte d'Ivoire (1967) par des

pêcheurs ghanéens, dahoméens et sénégalais. Elle tend à être adoptée de plus en plus par les pêcheurs ivoiriens.

L'engin de pêche est une poche de filet conique dont l'ouverture forcée en rectangle par deux bambous, mesure en général 1,5 m de heuteur et 3,5 m de largeur (fig.60). Le diamètre du filet est ramené à 50 cm environ à son extrémité par deux réductions successives. Les maillages au fond du filet sont le plus souvent inférieurs à 10 mm (noeud à noeud).

Cet engin est fixé sur deux pieux plantés en permanence dans la vase. La pêche a lieu uniquement la nuit à marée descendante. Si le reflux débute en fin d'après-midi, les captures ne débutent qu'au crépuscule. Si le reflux commence au milieu de la nuit les captures ne commencent qu'avec lui. La pêche cesse avant l'étale de marée basse. Le pêcheur possède actuellement une dizaine de filets en moyenne.

3.2.2.- La pêche au filet trainant.

Elle est effectuée également la nuit le long des berges par deux pêcheurs trainant un filet de type analogue à celui décrit ci-dessus, maintenu ouvert grâce à deux arcs en bois tenus verticalement par les pêcheurs. Cette méthode permet de pêcher dans les zones où les courants sont trop faibles. Elle produit des quantités variables, parfois importantes de crevettes, vendues directement sur les marchés. Nous ne disposons pas de données chiffrées pour cette pêche.

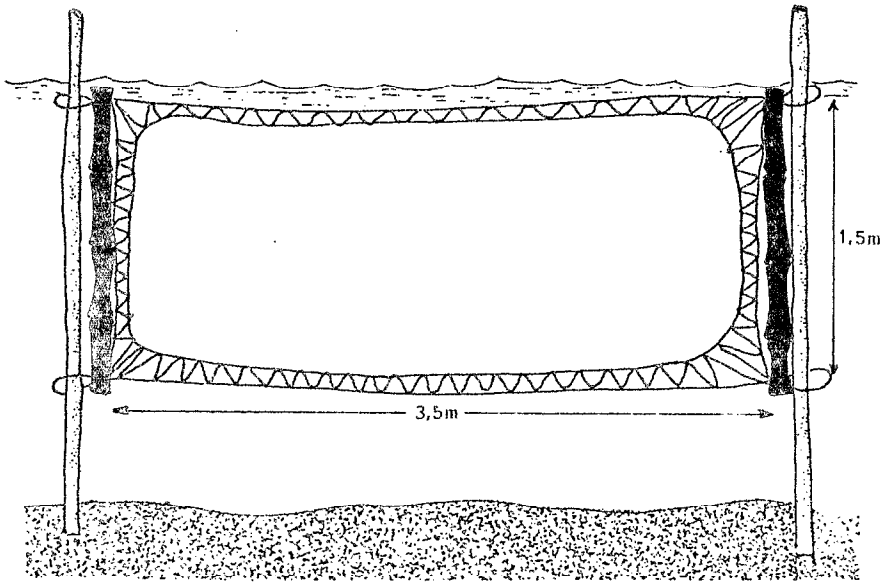
3.3.- Origine et critique des statistiques de pêche.

3.3.1.- Lagune Tagba.

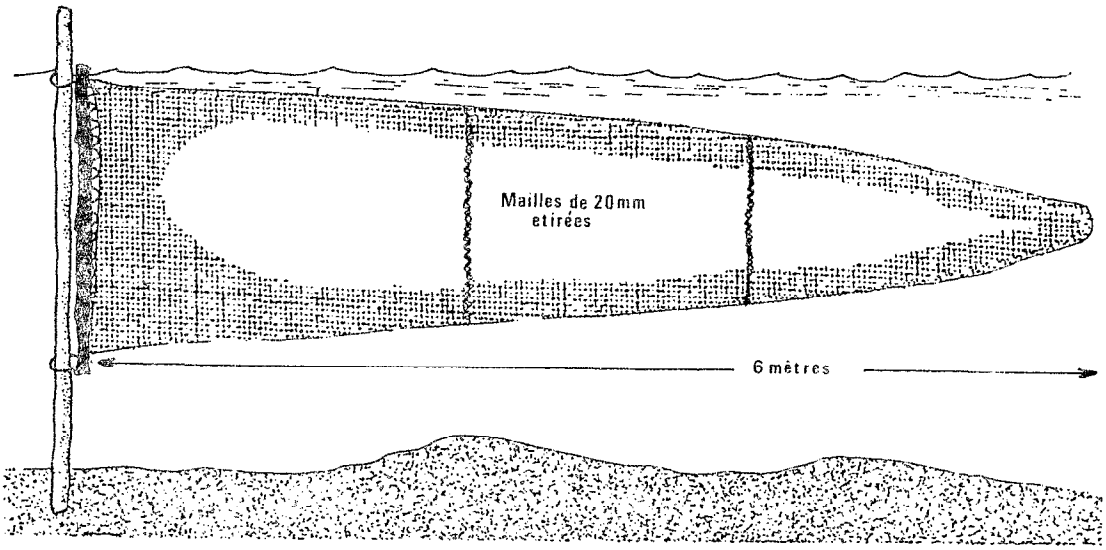
Les pêcheurs apportent individuellement leur prise à la coopérative où elles sont enregistrées séparément. On connaît donc le nombre de pêcheurs ayant amené une capture, et le poids des captures. Ces statistiques comportent deux biais : l'autoconsommation et l'effort improductif.

- L'autoconsommation. Les pêcheurs prélèvent probablement des crevettes pour la consommation familiale. Mais le prix de vente de ce produit de luxe étant très élevé, on considère ce biais comme négligeable car des prises infimes de l'ordre du kilogramme sont régulièrement enregistrées, ce qui tend à prouver que le pêcheur tient à tirer le maximum de sa capture, si réduite soit-elle.

- L'effort improductif. Seuls sont enregistrés à la coopérative les pêcheurs ayant amené une prise. Les prises nulles ne sont pas connues. On n'enregistre donc qu'un effort productif, c'est à dire qu'il y a sous-estimation de l'effort réellement appliqué et surestimation de la prise par unité d'effort. Nous verrons cependant que la pêcherie est bien équilibrée, et que l'effort est proportionnel à l'abondance. En période de migration intense, quand les rendements sont excellents, tous les pêcheurs sortent ; l'effort de pêche est maximum. Quand les prises diminuent, le nombre de pêcheurs qui calent leurs filets diminue aussi. Le biais est donc pratiquement nul quand l'abondance est élevée car tous les pêcheurs qui sortent prennent quelque chose et l'effort productif est proche de l'effort réel. Ce biais est maximum en pourcentage quand l'abondance est faible, car les prises nulles sont plus fréquentes.



FACE



PROFIL

Fig. 60 : Filet fixe utilisé pour la pêche à la crevette en lagune.

L'unité d'effort adoptée est la nuit de pêche d'un pêcheur. La prise par unité d'effort moyenne mensuelle a été calculée en divisant la somme des prises par unité d'effort journalières par le nombre de jours de pêche dans le mois. On obtient ainsi un premier indice numérique (nombre de crevettes pêchées/pêcheur/nuit) en utilisant la taille moyenne et la relation longueur-poids.

3.3.2.- Lagune Ebrié.

Nous disposons de deux sources différentes de statistiques de pêche : des statistiques de production des usines de traitement, et des statistiques détaillées de la prise de l'effort pour 3 campements de pêche à des points privilégiés de la pêcherie.

3.3.2.1.- Statistiques de production des usines.

Elles représentent les quantités de crevettes fraîches achetées aux pêcheurs par les usines dans toute la zone de pêche. Ces quantités sont donc susceptibles, a priori, de dépendre du circuit de collecte qui est surtout assuré par l'usine. Quand les rendements sont bons et la collecte rentable, elle sera intensifiée et vice versa. Il est donc possible que les variations de la prise accentuent en fait les variations d'abondance de la crevette.

De plus, au cours de la période 1969-1975 pour laquelle nous disposons de statistiques, l'effort de pêche (en nombre de pêcheurs et en nombre de filets) a considérablement évolué pour passer de quelques centaines de filets à plusieurs milliers. La puissance de pêche globale n'est stabilisée qu'à partir de 1974.

3.3.2.2. Statistiques de pêche.

Dans certains campements de la lagune Ebrié, nous avons obtenu à partir de 1973 des statistiques détaillées, concernant pour un groupe de pêcheurs et pour chaque jour : le nombre de filets posés, l'heure de mise en pêche, l'heure de fin de pêche et la capture en kg. Ces statistiques permettent de calculer les rendements obtenus par filet par nuit de pose. Elles permettent également d'obtenir des renseignements sur la durée d'une opération de pêche en fonction du cycle lunaire, du lieu de pêche, des saisons.

La seule prise par unité d'effort utilisable pour la lagune Tagba est la prise/pêcheur/nuit. Si le nombre de filets disponibles pour un pêcheur est constant (c'est pratiquement le cas), cette prise par unité d'effort dépend de l'abondance des crevettes bien entendu mais également du volume filtré, lequel varie avec la vitesse du courant et le temps de pose.

Nous n'avons aucune donnée concernant les courants, mais nous avons pu mettre en évidence de fortes variations, très cohérentes, du temps de pêche. Ces variations sont cycliques, à période lunaire et saisonnière.

a) Variations du temps de pêche en fonction de la phase lunaire.

Nous avons étudié ce phénomène à N'GADYKRO et Adoukro, situés aux deux extrémités de la pêcherie. Un extrait des renseignements obtenus dans les campements a été figuré graphiquement sur la figure 61 où apparaît matérialisée l'heure de début, de fin, et donc la durée de l'opération de pêche chaque jour et sa position par rapport au cycle lunaire. On observe que l'heure de mise en pêche se décale de 30 mn en moyenne chaque jour, ce qui correspond au retard de la marée. Une séquence complète débute vers le premier quartier quand les courants de jusant commencent à se faire sentir et se terminent vers le dernier quartier. Parfois, aux environs immédiats des quartiers, la pêche est suspendue pendant 2 ou 3 jours car les courants et

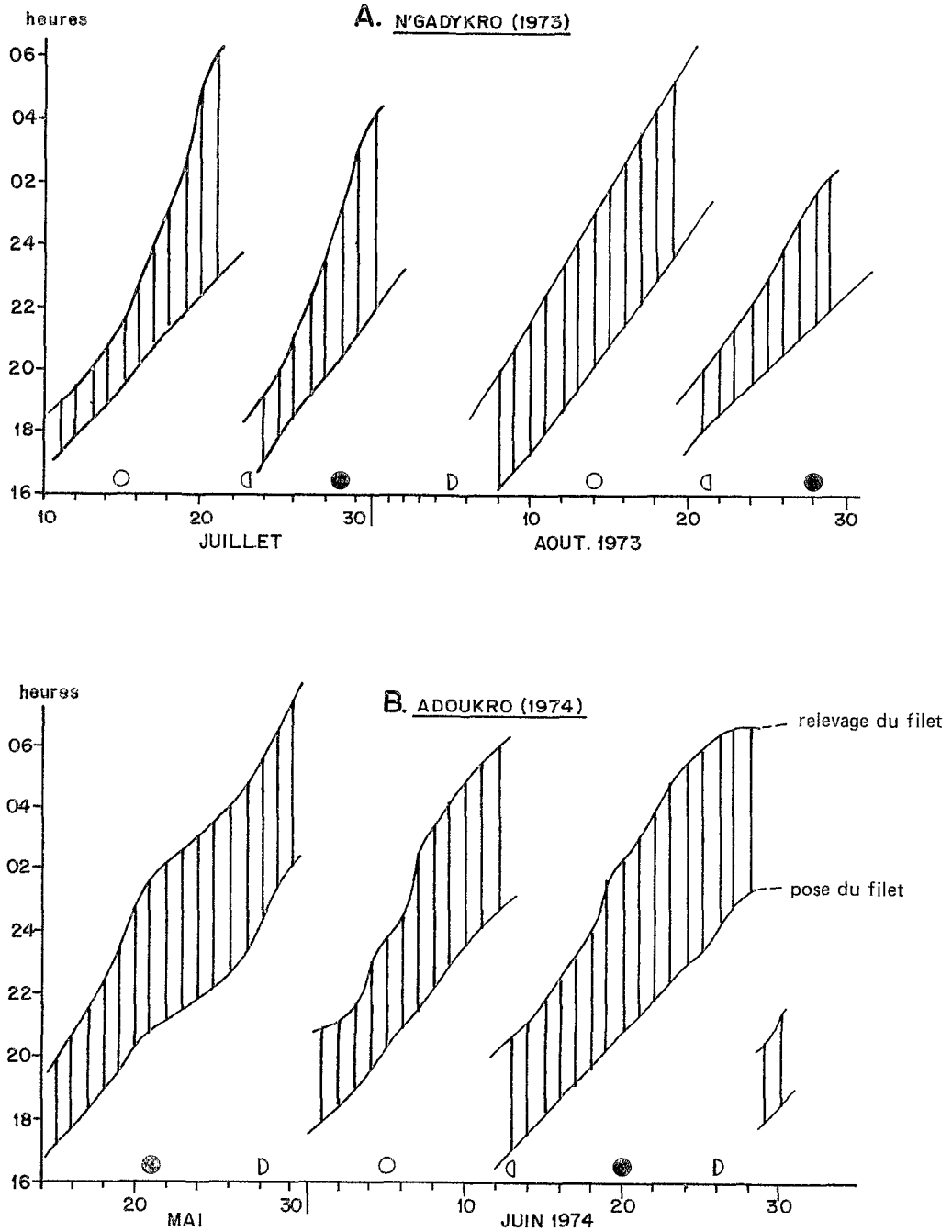


Fig. 61 Variation de l'heure et de la durée de l'opération de pêche en lagune EBRIE

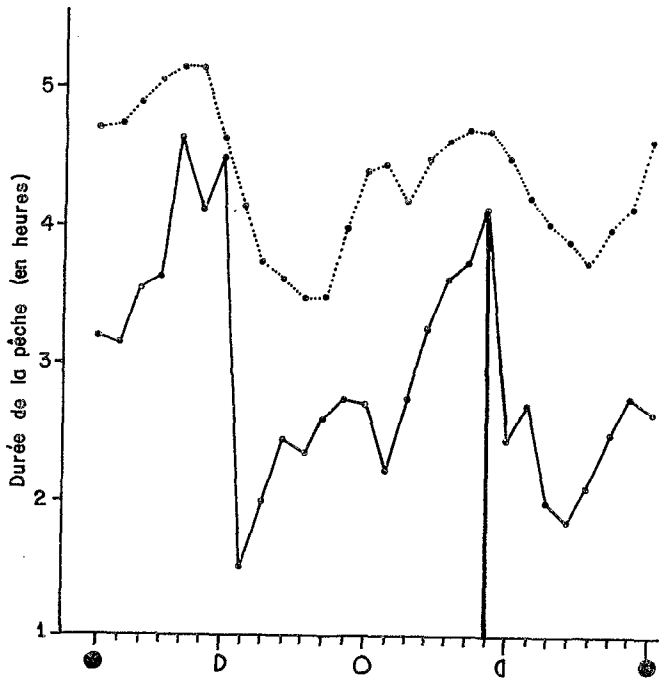


Fig. 62 Durée de la pêche en fonction de la phase lunaire à N'GADYKRO (———) et ADOUKRO (·····) en lagune EBRIE.

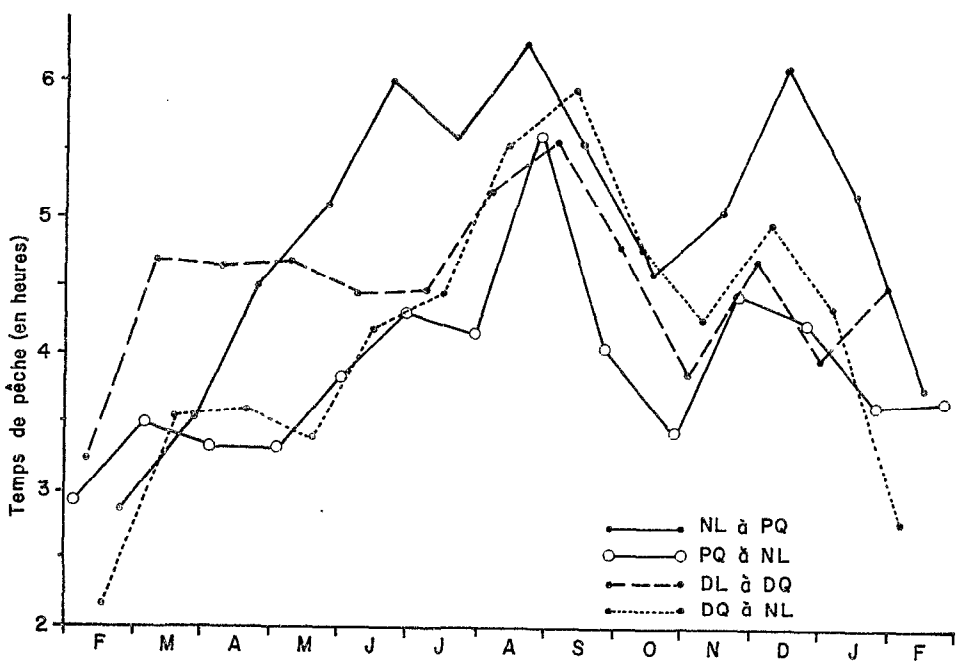


Fig.63 : Variations saisonnières de la durée de la pêche pour les quatre phases lunaires à ADOUKRO (fev. 74 - janv.1975)

l'abondance des crevettes sont faibles. Au cours d'une séquence, la durée d'une opération de pêche augmente régulièrement d'un jour à l'autre. Le passage d'une séquence à l'autre se traduit par une chute brutale de la durée de l'opération de pêche. Le cycle moyen annuel sur 28 jours correspondant à ce phénomène a été calculé à N'Gadykro (1973) et Adoukro (février 1974-février 1975) et représenté sur la figure 62. Il n'est pas très facile de proposer une explication à ce phénomène, car il n'existe aucune donnée concomitante sur les marées, et nous ne disposons pas de mesures de courants. Il ressort cependant de nos enquêtes auprès des pêcheurs que la mise en pêche et le relevage du filet sont principalement liés aux courants : le filet reste en pêche tant que les courants sont suffisants pour le maintenir ouvert, en position horizontale. Lorsque le courant faiblit, l'abondance diminue et les crevettes risquent de ressortir ; aussi le pêcheur qui est resté sur le lieu de pêche retire-t-il son filet. Il faut donc admettre que la durée d'une opération de pêche représente la longueur de la période pendant laquelle le courant est suffisant pour permettre la pêche et vraisemblablement la migration. Nous nous bornons à constater que cette durée varie suivant un cycle lunaire de 14 jours.

Nous avons également cherché à déceler d'éventuelles variations saisonnières.

b) Variations saisonnières du temps de pêche.

Les données journalières existant pour le village d'Adoukro (1974) ont été regroupées par phases lunaires et le temps de pêche moyen a été calculé pour les phases suivantes :

- NL à PQ	:	jours	lunaires	1	à	6
- PQ à PL	:	"	"	7	à	14
- PL à DQ	:	"	"	15	à	20
- DQ à NL	:	"	"	21	à	28

Nous avons examiné les variations saisonnières du temps de pêche dans chaque phase (fig.63). Le phénomène observé est le même pour les quatre phases : le temps de pêche augmente de février à août où il est maximum. Il passe par un second maximum en décembre et présente un minimum net en octobre-novembre, et un minimum absolu en février-mars. Le phénomène étant le même pour les quatre phases, il peut être plus simplement représenté par les variations du temps de pêche moyen mensuel (fig.64).

Pour tester la répétitivité du phénomène, nous avons comparé les données 1974 et 1975 à Adoukro (fig.64). Les courbes sont parallèles jusqu'en juin et s'opposent complètement de juillet à octobre.

Nous avons également comparé les résultats obtenus à N'Gadykro en 1973 et 1975 (fig.65). La différence entre les deux années est encore plus nette : les courbes divergent de juillet à novembre comme plus haut, mais également de février à avril.

Nous avons examiné les courbes obtenues en 1975 pour les 3 villages suivis : Adoukro, N'Diémi et N'Gadykro. Ces trois centres de pêche sont situés dans cet ordre à partir de l'embouchure sur la rive sud de la lagune. On observe de très nettes différences entre les courbes (fig.66).

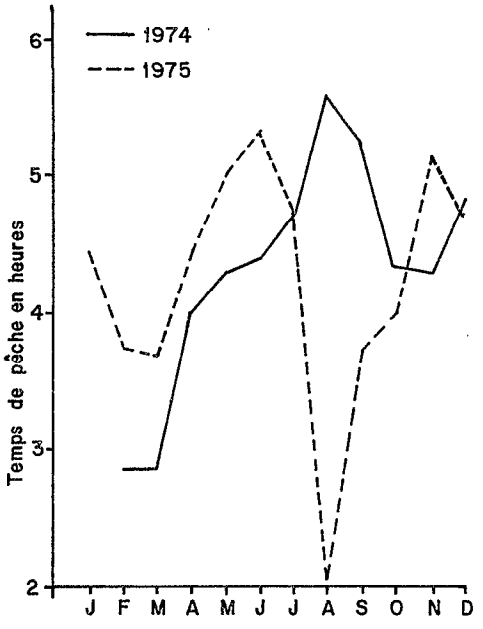


Fig 64 Variations mensuelles du temps de pêche à ADOUKRO. (1974 et 1975)

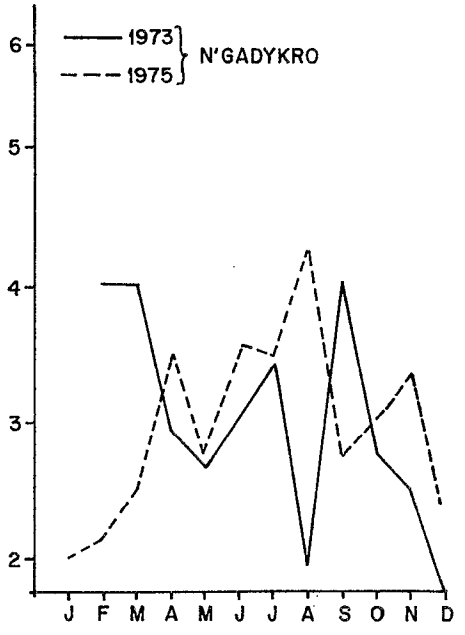


Fig. 65 Variations mensuelles du temps de pêche à N'GADYKRO. (1973 et 1975)

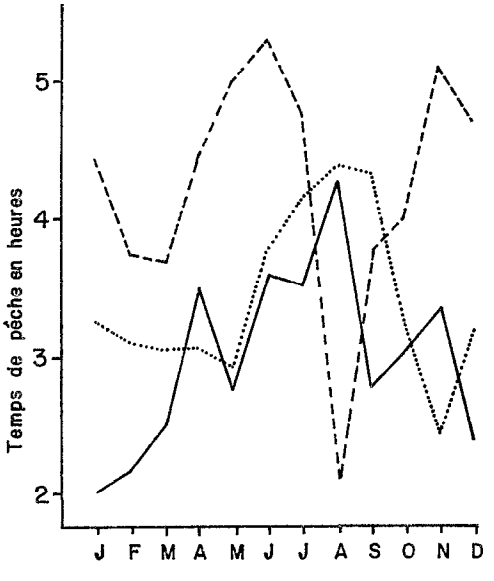


Fig.66 Variations mensuelles du temps de pêche en 1975 à N'GADYKRO (——), N'DIEMI (·····) et ADOUKRO (---)

c) Variations géographiques du temps de pêche.

Nous avons précédemment mis en évidence des variations de l'horaire et de la durée de la pêche en un point fixe, liées au cycle des marées. Ce dernier se traduit également par des variations dans l'horaire et la durée de la pêche d'un point à un autre de la pêcherie. Ce phénomène, tel que nous l'avons observé le 30 octobre 1974, a été représenté sur la figure 67A. A cause du retard progressif de la marée, de l'embouchure jusqu'au fond de la lagune, l'heure de mise en pêche est de plus en plus tardive de N'Gadykro (19 h00) à N'Gaty (0 h 30). Le phénomène semble s'inverser par la suite. La durée de la pêche diminue progressivement, de 6 h 00 à Johnny-Kro à 01 h 30 à Boubo. Il est possible qu'elle augmente par la suite.

Le schéma observé le 30 octobre 1974 n'est pas stable, il est lié au phénomène complexe des marées en estuaire et se modifie probablement en fonction du cycle lunaire. Les figures 67 B et C représentent le même phénomène le 03/11/1974 et le 29/04/1975. La figure 68 représente la succession observée du 29 octobre au 06 novembre 1974 en ce qui concerne les horaires de mise en pêche. Les courbes sont parallèles et décalées de 30 mn en moyenne du 29/10 au 01/11. A partir du 02 novembre, des inversions se produisent à Boubo. A partir du 04 nos données sont incomplètes mais le schéma évolue visiblement très vite et le 06 novembre, 1 jour avant le dernier quartier, la pêche débute plus tôt à Adoukro qu'à N'Gadykro parce que les pêcheurs d'Adoukro ont changé de séquence (au sens du paragraphe 3.3.2.2.- a) avant ceux de N'Gadykro.

Nous ne possédons pas assez de données pour suivre l'évolution de ce phénomène sur un cycle de marée complet, mais la figure 67 A représente probablement le schéma caractéristique des périodes de vives eaux. Si nous admettons que la durée de pêche est égale à la période pendant laquelle les crevettes peuvent migrer vers la mer, et compte-tenu du fait que la vitesse des courants de marée augmente, du fond de la lagune vers la mer, en même temps que la durée de la période de migration, un tel schéma signifie que la migration, d'abord lente vers N'Gaty, s'accélère rapidement au fur et à mesure que les crevettes s'approchent du canal de Vridi.

Il est évident également que les pluies et crues des fleuves interfèrent avec le cycle des marées et modifient certainement ce schéma, ce qui explique les variations saisonnières de la durée de la pêche observées au paragraphe précédent.

d) Conclusions et choix d'une unité d'effort.

La migration et la pêche sont étroitement liées aux courants de reflux, à leur vitesse et à leur durée. Les données concernant ces courants faisant défaut, il est difficile de proposer une explication satisfaisante de ces phénomènes. En effet, la lagune Ebrié représente un système hydraulique extrêmement complexe où les variations de niveau et les courants sont liés à l'interaction entre les apports des rivières côtières (l'Agneby à l'ouest), des fleuves (Comoé) et de la marée (par le canal de Vridi) à l'est. La partie ouest de la lagune est également le siège de phénomènes de seiches. Une description très préliminaire des phénomènes de marée a été faite par TASTET (1975) qui note que les résultats obtenus dans la partie ouest sont incohérents. Il serait donc hasardeux de notre part de proposer des hypothèses et nous nous contenterons de prendre note du fait que la durée de la période de pêche varie d'une phase de lune à l'autre, d'un mois à l'autre, et que le schéma annuel change fortement suivant le lieu et l'année.

Ceci soulève le problème du choix de l'unité d'effort. Le m3 d'eau filtrée serait le meilleur effort de pêche, dans la mesure où la prise/m3 serait un bon indice de la densité des crevettes dans la masse d'eau mais, ne connaissant pas la vitesse du courant, cet indice nous échappe totalement. D'autre part, il ne serait pas

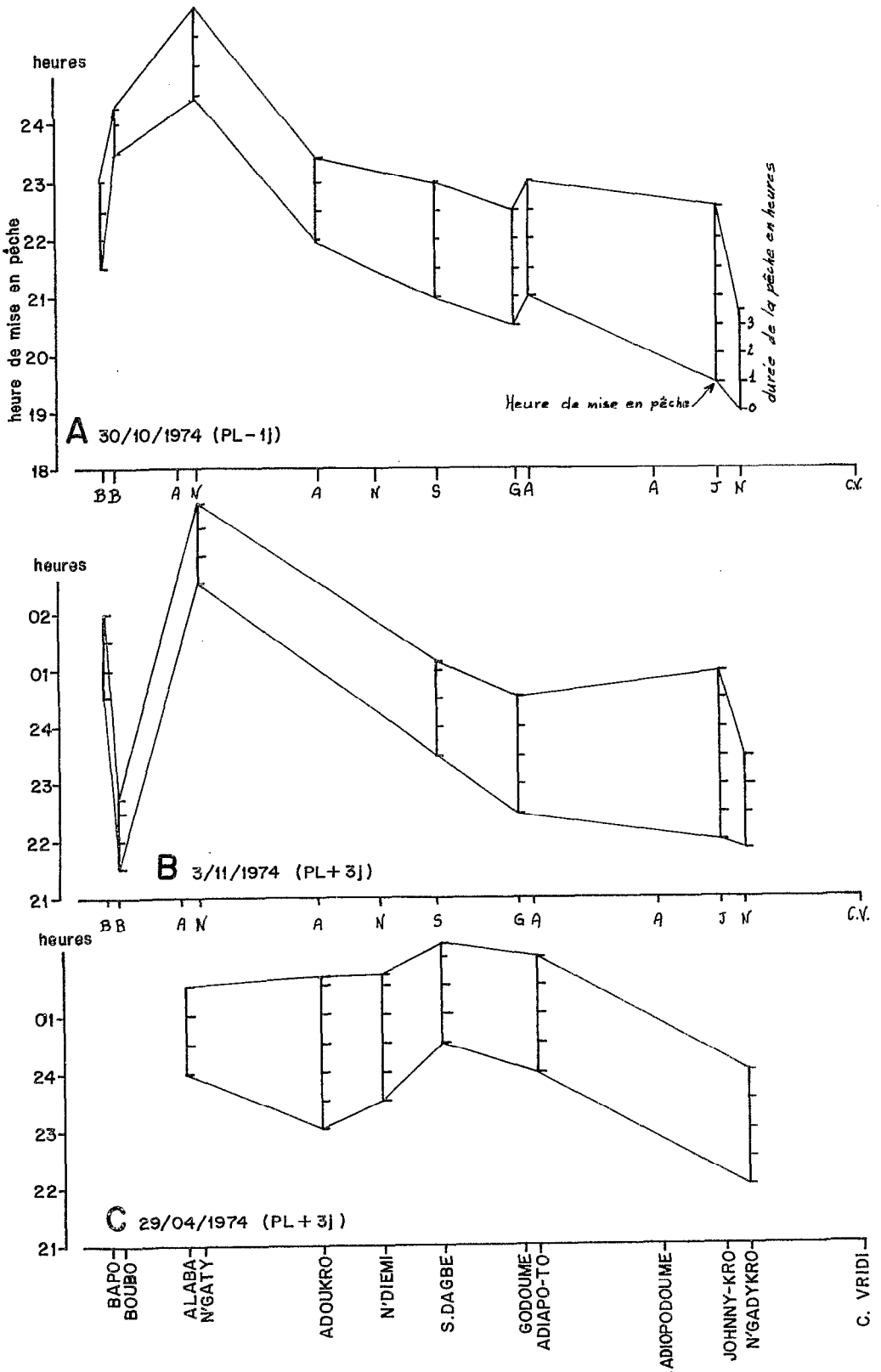


Fig. 67 Variation géographique de l'horaire et du temps de pêche.

adéquat pour une étude du recrutement et des mécanismes de migration. En effet, il est évident que pour une même densité (en nombre/m3) la migration sera d'autant plus importante que le courant de jusant sera rapide et qu'il durera plus longtemps. Exprimé autrement, cela signifie que la migration, ou le nombre total de crevettes quittant la lagune, dépend de leur densité, mais aussi du volume du stock d'eau concerné par le mouvement de reflux. Le meilleur indice de migration sera donc simplement la prise/filet/nuit qui dépend de la densité des crevettes et du volume filtré. L'unité d'effort que nous choisirons sera donc la pose d'un filet.

4 - ANALYSE DES RENDEMENTS.

Nous avons cherché à mettre en évidence toutes les sources de variations de rendements. La pêche étant étroitement liée à la migration, le postulat le plus important de cette étude est que les variations de rendements représentent des variations dans la migration des immatures.

4.1.- Mise en évidence des rythmes nycthéméral et tidal.

Ces rythmes apparaissent de façon très évidente. Le transport a lieu de nuit, à marée descendante. L'abondance est nulle de jour. Le décalage du début de la pêche, de 30 mn environ tous les jours, est une manifestation de la liaison étroite entre la migration et les marées. Nous avons d'autre part observé un décalage très net de l'heure de début de la pêche quand on s'éloigne de l'entrée du canal de Vridi (paragraphe c) et figure 67 A).

Ce décalage correspond certainement à un retard de la marée. La liaison entre la migration, la marée et le cycle journalier a été si souvent mise en évidence qu'elle peut probablement être considérée comme absolument générale. Nous ne citerons que les travaux les plus importants sur ce sujet : TABB et al. (1962), BEARDSLEY (1967), WICKHAM (1967), SALOMAN (1968), YOKEL (1970), HUGUES (1969).

4.2.- Mise en évidence d'un rythme lunaire.

Nous avons calculé les rendements journaliers en kg/filet et en kg/filet/heure pour le village d'Adoukro (février 1974-janvier 1975) et nous les avons regroupés sur un cycle théorique de 28 jours lunaires. La courbe des rendements en kg/filet passe par un maximum absolu en période de vives eaux au moment de la nouvelle lune, et un maximum plus faible en pleine lune. Les valeurs les plus faibles sont obtenues en période de mortes eaux, autour des quartiers (fig.69). Nous avons vu au paragraphe 3.2.- qu'il existait des variations du temps de pêche en fonction du cycle lunaire. Si l'on fait intervenir le temps de pêche dans les calculs, les rendements sont exprimés cette fois en kg/filet/heure de pêche et pourtant le rythme observé ne change pas. Cela signifie que le temps de pêche intervient très peu dans ce rythme de migration qui est donc surtout lié à la vitesse des courants, maximums en vives eaux aux périodes de pleine et nouvelle lune.

Ces résultats recoupent parfaitement ceux que nous avions obtenus en lagune Tagba, avec des statistiques moins détaillées (fig.70). Il convient de souligner que les rendements de nouvelle lune apparaissent supérieurs à ceux de pleine lune. Les courants étant théoriquement de force égale, il faut donc admettre l'interférence d'un autre facteur, qui pourrait être la lumière lunaire.

Des rythmes lunaires ont été souvent signalés mais les résultats ne sont pas toujours cohérents. Dans une étude très complète, YOKEL (1970), observe également une migration maximum de *P. duorarum* en pleine et nouvelle lune. Selon lui ce

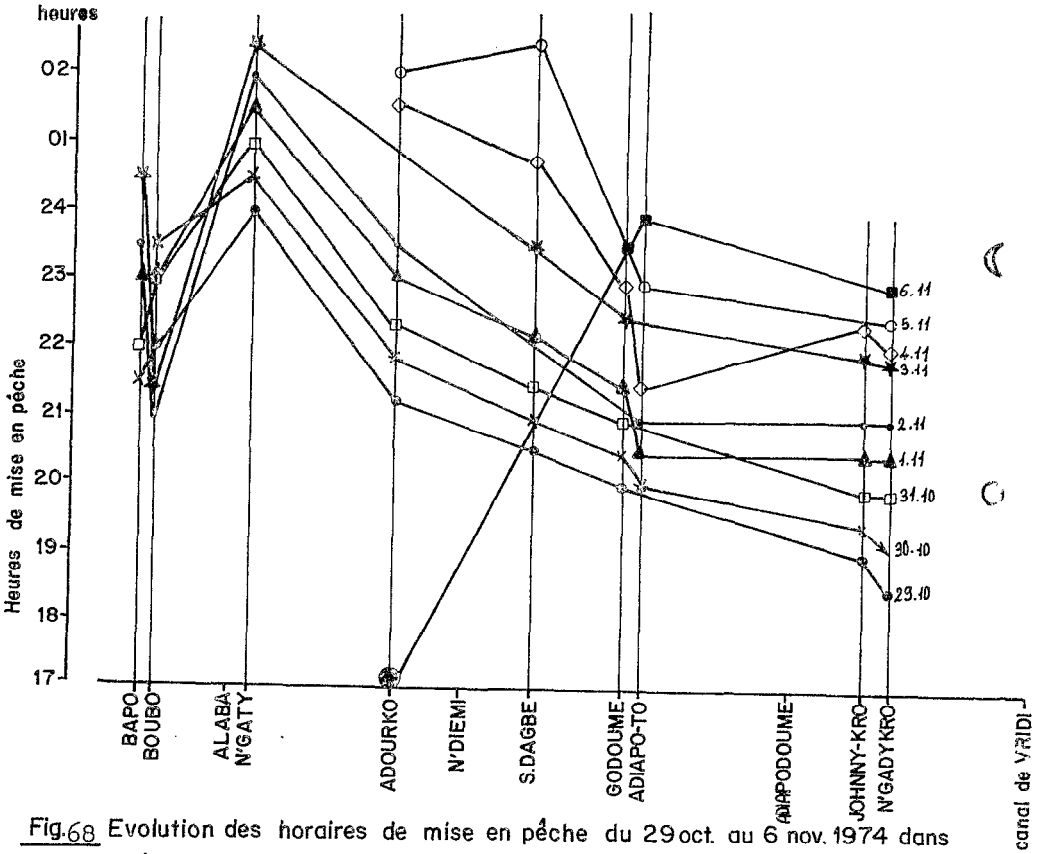


Fig.68 Evolution des horaires de mise en pêche du 29 oct. au 6 nov. 1974 dans la pêcherie OUEST.

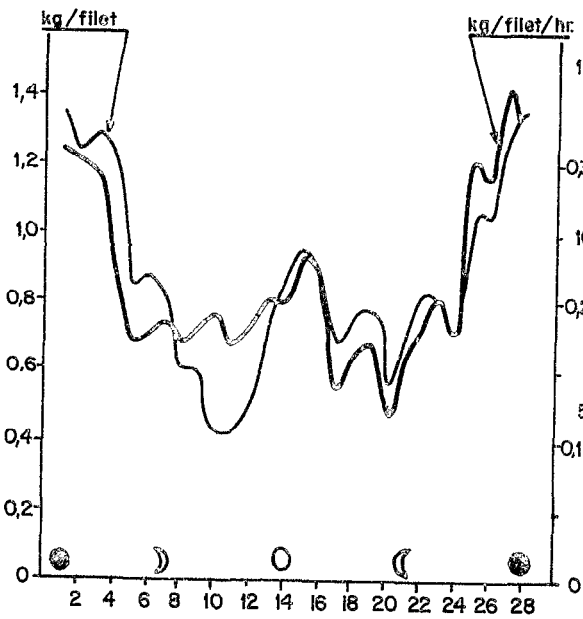


Fig 69 Variations de rendements en fonction du cycle lunaire. (ADOUKRO fév. 74 à janv. 75)

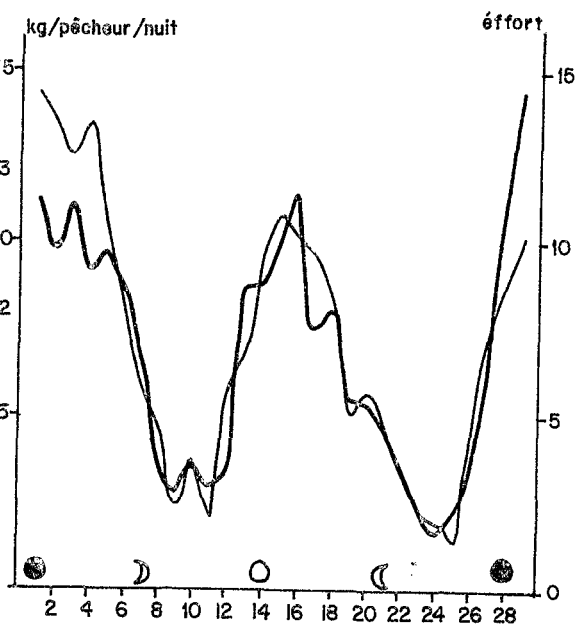


Fig. 70 Variations de rendements (—) et de l'effort de pêche (—) à la coopérative de GRAND-LAHOU (1967-69) *(d'apres S.Garcia 72)*

phénomène serait lié à la vélocité des courants et l'amplitude des marées. Il souligne cependant qu'en vives eaux le jusant a lieu dans la première moitié de la nuit alors qu'en mortes eaux il a lieu pendant la deuxième moitié. Or, les travaux de FUSS (1964) et FUSS et OGREN (1966) montrent que l'activité de ces crevettes est maximale entre 19 h 00 et 23 h 00. Il y a donc en vives eaux coïncidence entre des conditions favorables de courant et le rythme d'activité.

WICKHAM (1967) a d'ailleurs étudié l'interaction entre le rythme nycthéméral et le rythme de marée chez cette crevette. Cet auteur ne peut cependant mettre en évidence de différence entre les phases sombres et éclairées du cycle lunaire.

RACEK (1959) en Australie observe que la migration est maximum en nouvelle lune, et nulle en pleine lune. Selon lui un rythme analogue de concentration des crevettes vers la mer existerait dans des lagunes complètement fermées, en l'absence de tous courants.

DE BONDY (1968) dans le fleuve Casamance, au Sénégal, note également deux maximums en pleine et nouvelle lune. Ses données ne permettent pas de savoir s'il y a une différence entre les deux.

Selon COPELAND (1965), au Texas, la migration est maximum en nouvelle lune pour *P. aztecus* et *P. duorarum*.

BEARDSLEY (1967) observe en Floride pour *P. duorarum* un maximum en nouvelle lune.

L'ensemble de ces observations confirme donc d'une part l'existence d'un rythme lunaire, et d'autre part la différence entre les deux maximums de vives eaux. Le maximum de pleine lune étant inférieur à celui de nouvelle lune et disparaissant même dans certains cas.

4.3.- Etude des variations saisonnières "d'abondance".

Rappelons que nous étudions ici les variations de la migration (flux d'animaux transportés vers la mer). Leur "abondance" depend de leur densité réelle dans la lagune et de leur capturabilité,elle même etroitement liée aux courants. Ces données ne sont pas directement comparables avec celles que l'on obtient à l'aide d'engins trainant sur le fond.Cette remarque a son importance et doit être gardée à l'esprit lors de la comparaison avec d'autres travaux.

4.3.1.- En lagune Tagba (fig.71).

Les variations de la prise par unité d'effort et de l'effort sont identiques. C'est une caractéristique essentielle de ces pêcheries artisanales. En période de forte abondance tous les pêcheurs sortent ; en période d'abondance faible, la plupart des pêcheurs restent à terre. Ce phénomène est également vérifié au niveau des rythmes lunaires (fig.70) où l'effort est maximum en nouvelle et pleine lune et minimum aux quartiers.

Cette caractéristique tend à disparaître cependant pour les pêcheries situées près des usines de traitement (Adoukro en lagune Ebrié par exemple), qui se spécialisent plus particulièrement sur la crevette et appliquent un effort plus continu.

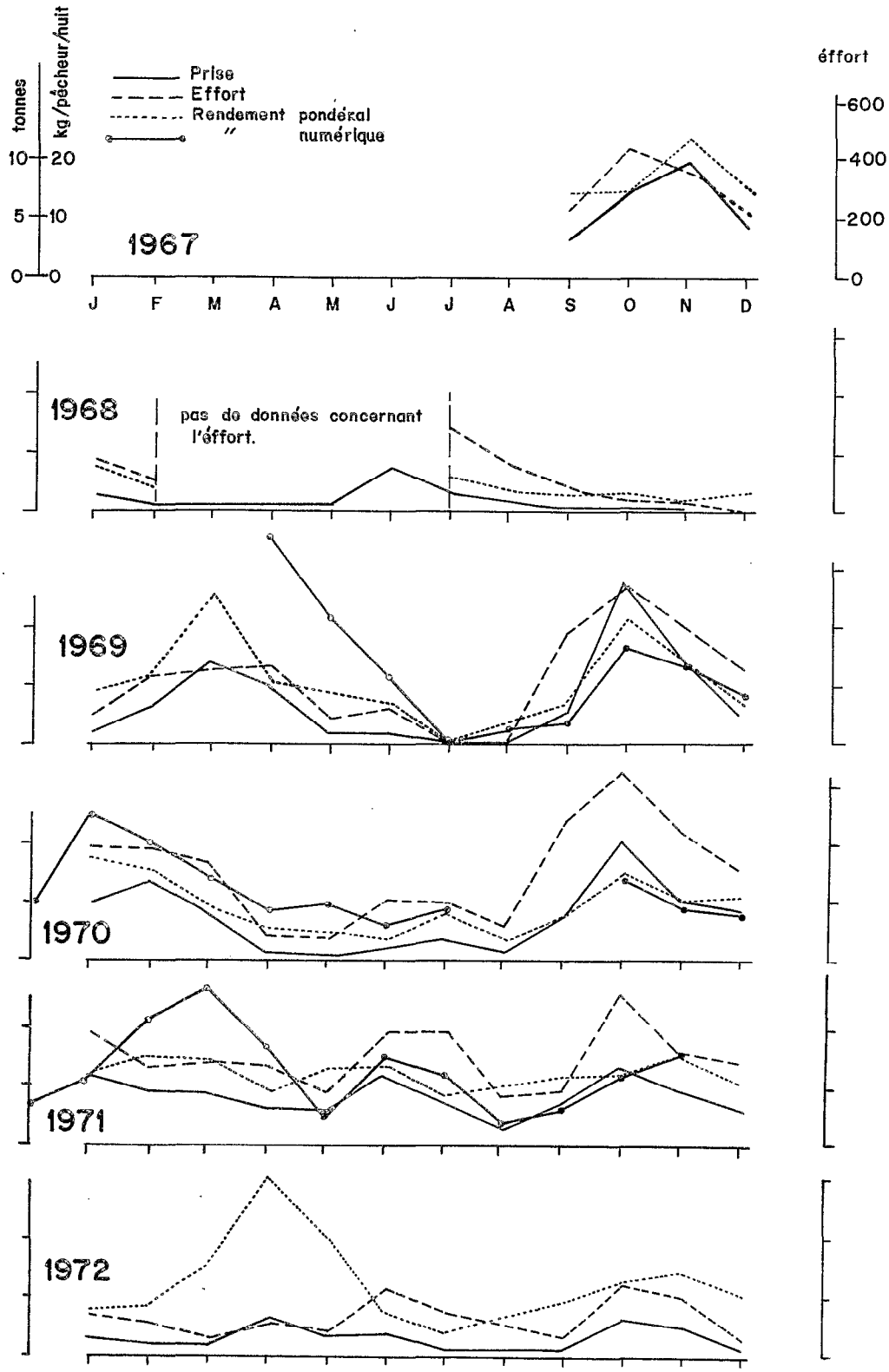


Fig71 Variations mensuelles des prises, éfforts et rendements en lagune TAGBA (1967—72) (modifié d'après S.Garcia 1972).

	1967		1968		1969		1970		1971		1972		1973	
	Prise	Rt	Prise	Rt	Prise	Rt	Prise	Rt	Prise	Rt	Prise	Rt	Prise	Rt
Janvier			1437	8,5	879	9,3	4869	10,5	5902	12,6	1499	7,8	1737	—
Février			370	3,4	3146	11,7	6747	15,5	4606	14,2	1000	8,3	3418	—
Mars			404	-	6973	25,7	3875	9,8	4391	14,2	993	15,5	6664	—
Avril			505	-	5079	11,4	510	5,5	2977	10,5	4832	30,2	10258	—
Mai			678	-	868	9,2	429	5,6	2835	13,7	11566	20,1	8966	—
Juin			3708	-	900	6,8	1090	4,3	5957	13,0	3172	7,5	0	—
Juillet			1694	5,9	0	0	1730	8,2	3832	8,8	697	4,2		
Août			806	5,5	16	3,3	514	3,5	1597	9,6	3514	6,7		
Septembre	3886	14,4	313	3,1	2417	6,5	3537	6,8	2387	10,8	2497	9,0		
Octobre	7446	15,7	151	3,1	13657	21,9	10141	14,5	6358	11,8	5576	12,6		
Novembre	9599	24,4	53	2,5	7175	15,0	4983	10,1	4545	14,5	15103	14,6		
Décembre	4378	15,7	31	3,9	2320	7,7	4063	11,0	3108	10,4	2722	10,4		
	25309		10324		43430		42478		48387		53171		(31043)	

Production de la coopérative de Grand-Lahou (en kg) et rendements (en kg/pêcheur/nuit).

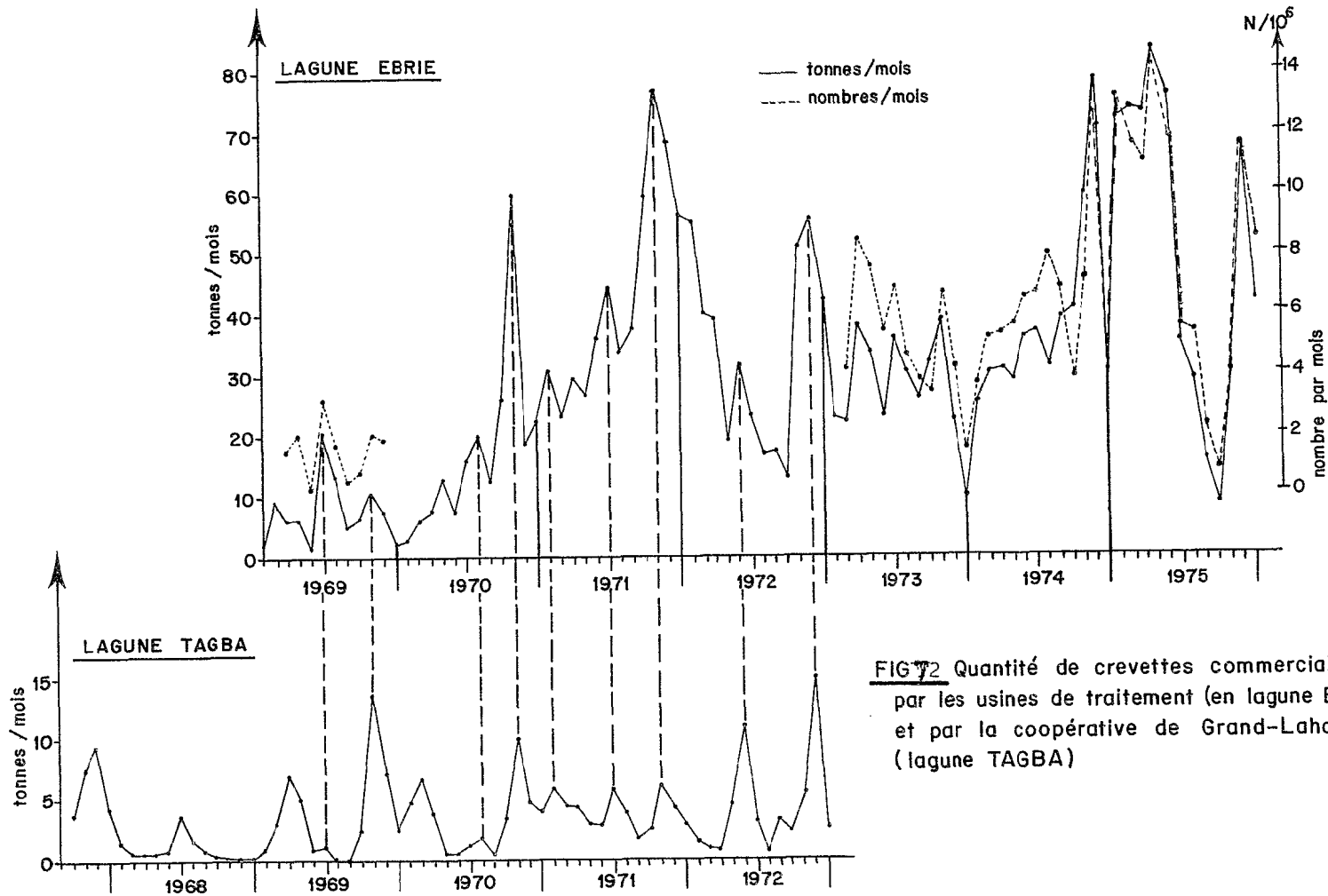


FIG 72 Quantité de crevettes commercialisées par les usines de traitement (en lagune EBRIE) et par la coopérative de Grand-Lahon (lagune TAGBA)

Les courbes de rendement diffèrent sensiblement suivant les années. Le schéma le plus général est une courbe passant par deux maximums situés entre janvier et avril pour le premier, et en octobre et novembre pour le second. Entre ces deux maximums l'abondance diminue fortement. En 1971, les variations sont peu nettes, mais peuvent être rattachées à ce schéma bimodal avec, en plus, un maximum en mai-juin. L'année 1968, correspondant à des conditions climatiques particulières, de pluviosité élevée et d'apports fluviaux exceptionnels (fig.56), est caractérisée par une abondance très faible toute l'année sauf en juin.

La taille et le poids individuel des crevettes en migration sont sujets, ainsi que nous le verrons dans un paragraphe ultérieur, à des variations saisonnières importantes. Afin d'éliminer l'effet de ces variations sur les rendements, nous avons calculé les rendements numériques mensuels moyens en divisant le rendement pondéral par le poids individuel moyen. Ce dernier a été calculé à partir de la taille moyenne obtenue par échantillonnage, et de l'équation de la relation longueur-poids calculée par GALOIS (1975) pour les juvéniles de la lagune Ebrié (fig.71).

L'utilisation des rendements numériques ne modifie pas beaucoup le phénomène observé, mais le rend encore plus net, par exemple en 1971 où apparaissent, cette fois, trois maximums en mars, juin et novembre.

En conclusion, les statistiques de pêche de la coopérative de Grand-Lahou permettent de déceler trois périodes d'abondance maximale des juvéniles en migration. La première se situe de février à avril suivant les années et semble être la plus importante en nombre. La deuxième, par ordre d'importance, se situe en octobre et s'étend parfois jusqu'en novembre. La troisième, en juin, est beaucoup moins nette et moins fidèle. Elle existe en 1968 et 1971, deux années particulièrement pluvieuses, et n'apparaît ni en 1969 ni en 1970. La courbe moyenne annuelle des rendements numériques calculés pour la période 1969-1971 a été portée sur la figure 35, elle résume assez bien l'information disponible.

4.3.2.- En lagune Aby.

Il ne nous a pas été possible de récolter des statistiques utilisables pour cette pêcherie d'Assinie. Les captures, non regroupées par les industriels, sont fumées et exportées vers le Ghana par des circuits de commercialisation artisanaux très diffus. Nous avons cependant tenu à regrouper ici le peu d'information disponible pour compléter l'étude. LUCAS (non publié) indique que des prises totales de 4 tonnes/nuit sont parfois disponibles et que la prise par filet peut varier de 5 à 10-20 kg. TROADEC (1968) estime à 200 tonnes les prises effectuées à Assinie. En 1971, d'après les armateurs, la prise annuelle avec un effort du même ordre de grandeur serait de 150 tonnes. D'après LUCAS, la période d'abondance maximum serait avril-mai-juin, cette affirmation est confirmée par les industriels ayant effectué des prospections dans la lagune.

4.3.3.- En lagune Ebrié.

Nous disposons de deux sources de données : des statistiques globales concernant les quantités traitées dans les usines depuis 1969, et des statistiques très détaillées de prises et d'effort pour quelques campements de pêche entre 1973 et 1975.

4.3.3.1.- Etude de statistiques de production des usines.

Les quantités achetées mensuellement par les compagnies pour l'exportation ont été reportées sur la figure 72. En 1970-71-72, de faibles quantités de crevettes en provenance des lagunes Tagba et Aby ont été incluses dans les productions de la

lagune Ebrié, sans qu'il soit possible de les distinguer. Les tonnages achetés augmentent rapidement jusqu'en fin 1971. Cette augmentation correspond à l'expansion rapide de la pêcherie sous l'impulsion des usines de traitement. Cette expansion s'est traduite par un accroissement de l'aire couverte par la pêcherie et une augmentation considérable du nombre de pêcheurs et de filets mis en oeuvre. A partir de 1971, le nombre de pêcheurs est à peu près stabilisé mais le nombre de filets par pêcheur a doublé pratiquement de 1972 à 1974. La puissance de pêche a donc continuellement augmenté de 1969 à 1974. A partir de 1973 s'est créé un petit circuit de commercialisation artisanal, détournant de 10 à 20 % de la production habituellement drainée par les usines, et les quantités portées sur la figure 32 sont donc sous-estimées depuis lors. Nous pensons, cependant, que les variations relatives d'abondance d'un mois à l'autre n'en sont pas affectées.

Nous y avons superposé les courbes de production en nombre et les courbes de production en poids, pour les périodes où nous disposons d'échantillons. Si les variations observées doivent être considérées avec prudence, en tenant compte de l'évolution et de la puissance globale de la pêcherie et des circuits de commercialisation, il est certain que les variations relatives observées d'un mois à l'autre correspondent réellement à des variations d'abondance de la population de crevettes en migration.

Il existe une très bonne concordance entre les maximum des courbes des deux lagunes, sauf pour le début de 1970. La répartition chronologique des maximums en poids est résumée dans le tableau ci-après. La dernière colonne contient le nombre total de fois où le maximum a été observé, pour chaque mois (les données 1972 ne sont pas prises en compte, cette année correspondant aux fortes sécheresses sahéliennes est anormale ainsi que l'indique l'important déficit de la production au cours de cette année).

Il apparaît donc, en lagune Ebrié, trois maximums de production : en mars-avril, en juin et en octobre-novembre, comme en lagune Tagba, avec cette différence, toutefois, que le maximum de juin semble plus fidèle .

Année / Mois	69	70	71	72	73	74	75	Nombre total
Janvier								0
Février								0
Mars	+		+		+	+		4
Avril		+	+				+	3
Mai				⊕		+		1
Juin	+	+	+		+	+		5
Juillet								0
Août								0
Septembre								0
Octobre	+	+	+		+			4
Novembre						+	+	2
Décembre				⊕				0

+ présence d'un maximum
⊕ maximum non utilisé

Mois	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
Janvier	2722	2966	30300	55633	22828	25534	71795
Février	9948	5942	22800	39977	22509	30124	74061
Mars	6399	7452	29410	38634	38131	30961	75515
Avril	6592	13094	26792	19927	33371	29696	84219
Mai	1636	7856	35339	31433	23605	36373	76162
Juin	20897	15886	44873	23288	35824	38062	35609
Juillet	13488	19951	33800	17333	30506	31671	28813
Août	4977	12381	38000	17712	26216	39452	15454
Septembre	6712	26046	59300	13194	32152	41152	8781
Octobre	10693	59787	77154	50969	39119	59251	33547
Novembre	7667	18500	68300	55706	21900	78534	67130
Décembre	1853	22424	56552	42656	9900	30351	42769
TOTAL	93784	212285	522620	406462	336061	471161	611855
Provenance	L. Ebrié	L. Ebrié ° L. Aby	L. Ebrié ° L. Aby	L. Ebrié ° L. Tagba	L. Ebrié	L. Ebrié	L. Ebrié

Quantités achetées aux pêcheurs par les industriels

(° Provenance mixte)

4.3.3.2.- Etudes des statistiques de pêche.

Les statistiques disponibles sont les suivantes : à N'Gadykro nous disposons de données de février 1973 à février 1974 et d'octobre 1974 à décembre 1975. A Adoukro, nous en avons de février 1974 à décembre 1975 et enfin à N'Diémi d'octobre 1974 à décembre 1975. Ces séries sont trop courtes et irrégulières pour permettre une étude très détaillée et les résultats doivent être considérés comme préliminaires.

Les rendements, en nombre/filet et en poids/filet, ont été portés sur la figure 73. Nous y avons superposé les courbes d'achats mensuels (en nombre) effectués par les usines.

Sur la figure 73 A, à N'Gadykro en 1973, on observe un maximum net en avril-mai, et un autre peu apparent en octobre. Cette courbe ne correspond pas très bien à celle des prises où l'on retrouve les trois maximums classiques de mars-avril, juin et octobre.

Sur la figure 73 B, à Adoukro en 1974 et 1975, la série est très cohérente et l'abondance numérique passe par un minimum absolu en août-septembre pour les deux années. En 1974 (où janvier manque), on observe 4 maximums en mars, mai, juillet et novembre. La courbe des prises correspondantes est assez particulière et ne représente qu'un maximum en juillet et un autre en novembre ; la concordance n'est donc pas excellente.

En 1975, on observe 5 pics sur la courbe pondérale, mais 4 seulement sur la courbe des rendements numériques en janvier, de mars à mai, en juillet et en novembre. Contrairement à ce que l'on observe en 1974, la correspondance avec la courbe de prise est très bonne, même si le maximum de juillet est estompé.

Sur la figure 73 C, en 1975, on note à N'Diémi les mêmes maximums de janvier, avril et juillet qu'à Adoukro. Le schéma est un peu différent à N'Gadykro pour la même année. Les maximums, en novembre et mars, sont très peu marqués.

Dans l'ensemble, la relation entre les rendements mesurés dans ces trois villages et les quantités totales traitées, n'est pas très bonne. Il est évident que les quantités traitées dans les usines dépendent de la migration sur l'ensemble du système lagunaire, alors que les statistiques obtenues dans les villages sont plus ponctuelles. Nous avons vu que, suivant les villages, l'heure et la durée de la pêche changent. La vitesse des courants et donc la masse d'eau filtrée varient beaucoup. Il existe, d'autre part, certainement des variations dans la répartition des crevettes dans la lagune d'un mois à l'autre en fonction des conditions hydrologiques (GALOIS, 1975). Il n'est donc pas étonnant que la relation observée entre ces deux paramètres ne soit pas très bonne.

Il est vraisemblable qu'une multiplication des points d'enquête permettrait d'obtenir une meilleure corrélation. Nous avons cependant la chance, de décembre 1974 à décembre 1975, d'observer 3 courbes de rendement numérique dont l'évolution est sensiblement identique (fig.74). Ces trois villages étant situés à trois points clé de la pêcherie ouest, nous avons cherché à regrouper les données pour obtenir les variations d'un rendement numérique valable pour l'ensemble de cette pêcherie. Une moyenne mensuelle pondérée entre les trois villages aurait été correcte, en utilisant comme facteur de pondération l'effort de pêche dans chaque secteur de lagune

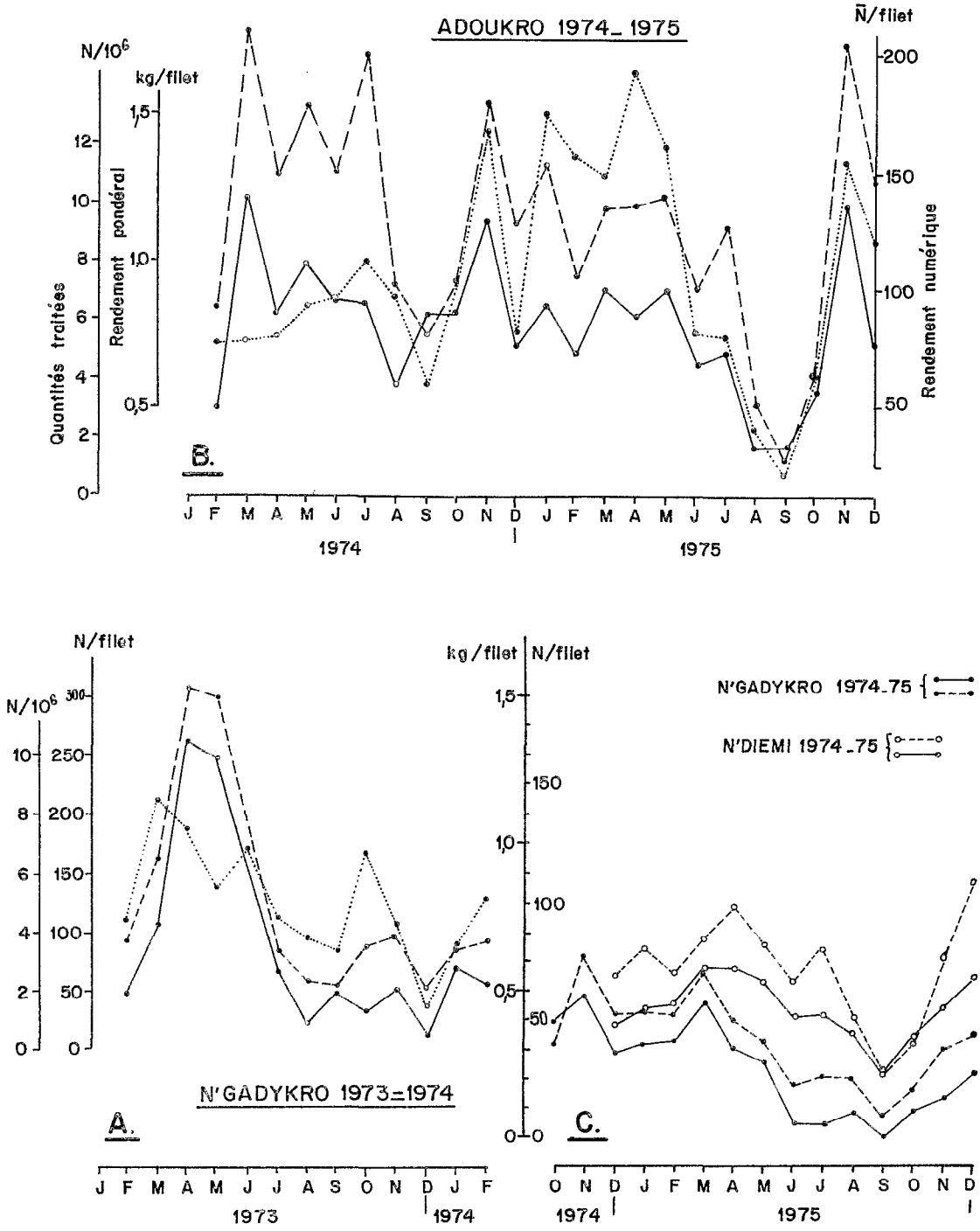


Fig.73 Etude des variations de rendements numériques (•----•) et pondéral (•——•) et des quantités traitées par les usines (en nombres d'individus) en lagune EBRIE (.....)

dont l'un de nos trois villages serait un échantillon représentatif. Nos données ne nous permettent pas de définir les limites de ces secteurs et toute pondération serait arbitraire. Nous savons d'autre part que l'abondance et l'effort sont plus importants à Adoukro et N'Diémi où les rendements sont également les meilleurs ; nous avons donc préféré utiliser une moyenne arithmétique simple. La courbe moyenne est tracée sur la figure 75. Nous y avons superposé la courbe des quantités achetées par les usines (en nombres), la courbe de recrutement en mer (% d'individus de taille 22 mm LC dans les captures) et la courbe moyenne de rendement numérique (en nombre/pêcheur/nuit) à Grand-Lahou (moyenne 1969-1971). La coïncidence entre toutes ces courbes est très bonne de décembre à août. En revanche, le maximum observé en octobre-novembre dans la migration n'apparaît pratiquement pas sur la courbe de recrutement en mer, ce qui pourrait signifier que le coefficient de capturabilité des immatures, en mer, est faible au moment des crues. Ce point mis à part, la coïncidence des courbes de migration en lagune Ebrié de 1975 avec les courbes moyennes de migration à Lahou et de recrutement en mer permet de supposer que les résultats observés en 1975 sont généralisables.

4.3.4.- Conclusions.

En lagune Tagba, les maximums observés sont identiques, que l'on considère les prises totales, les rendements numériques ou les rendements pondéraux. Il en apparaît 3 dans l'année : le premier entre janvier et avril, le deuxième, peu fidèle, en mai-juin et le troisième en octobre et parfois en novembre.

En lagune Ebrié, les observations provenant de différentes sources sont beaucoup moins cohérentes. La courbe des prises totales mensuelles obtenues auprès des usines, indique des maximums qui correspondent exactement à ceux que l'on observe à Grand-Lahou le premier en mars-avril, le deuxième en juin, mieux marqué qu'en lagune Tagba et le troisième très régulièrement en octobre ou plus rarement en novembre.

Le problème se complique lorsque l'on examine les courbes de prise par unité d'effort, calculées pour certains villages de pêcheurs. Ces courbes concordent plus ou moins entre elles. Elles ne suivent pas toujours les courbes des quantités achetées par les usines. Ces achats sont représentatifs de la migration sur l'ensemble de la lagune Ebrié. Les variations d'abondance, des horaires de pêche, de la durée des opérations de pêche, de vitesse du courant etc... d'un secteur de la lagune à l'autre sont telles qu'il est certainement nécessaire, pour bien saisir les phénomènes, d'utiliser un nombre de points d'enquêtes, supérieur aux trois points dont nous avons pu disposer. En 1975 cependant, cet échantillonnage a tout de même permis de dégager un schéma cohérent.

En lagune Aby, les rares renseignements disponibles font état d'un seul maximum de migration annuel en avril-mai-juin. Ce maximum correspond au deuxième maximum observé systématiquement en lagune Ebrié et parfois en lagune Tagba. Il semble que les maximums de mars et d'octobre n'existent pas ou sont peu marqués. Nous reviendrons ultérieurement sur cette observation, qui a son importance.

Il est vraisemblable, qu'actuellement, parmi toutes les données disponibles, les achats totaux mensuels par les usines, utilisés et interprétés avec prudence, sont les meilleurs éléments dont nous disposons pour comprendre la migration et les phénomènes de recrutement qui en découlent.

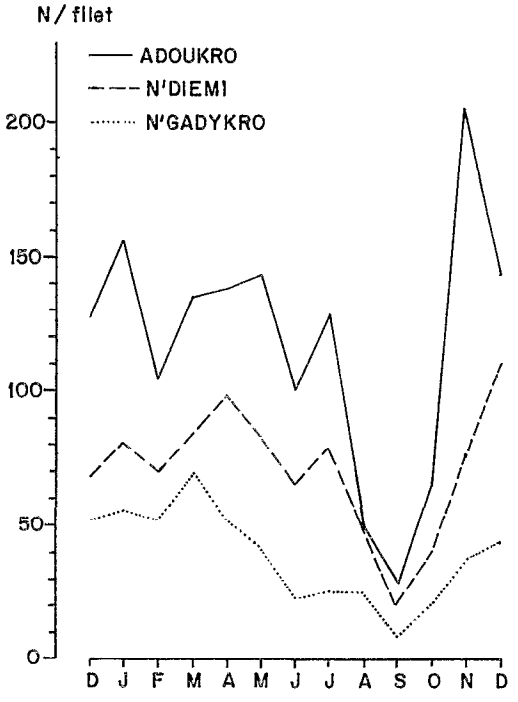


Fig. 74 Variations du rendement numérique mensuel dans trois points de pêche de la lagune EBRIE. (déc.1974 à déc.1975).

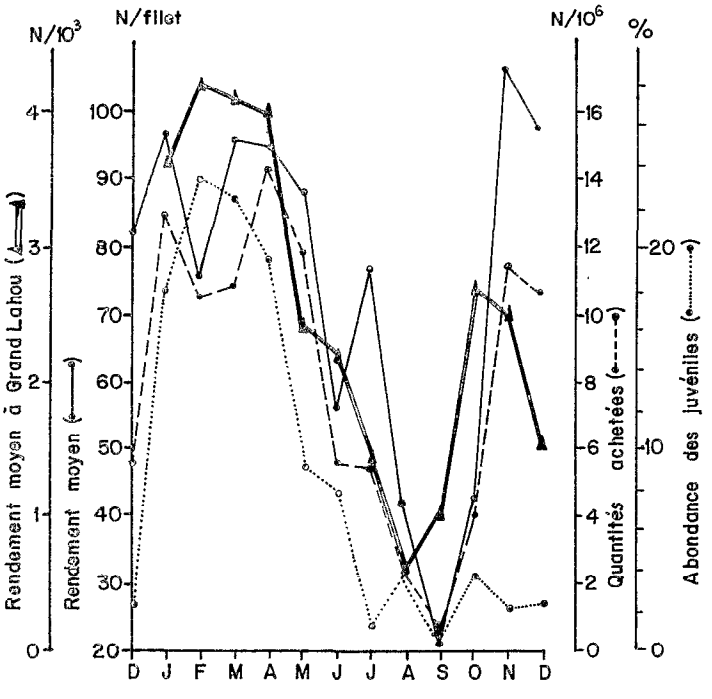


Fig. 75 Variation du rendement numérique moyen pour la pêcherie OUEST en 1975 (•—•), des quantités achetées par les usines, en nombres, en 1975 (•---•), du rendement numérique à GRAND-LAHOU (moyenne 1969-71) (▲═▲) et du pourcentage de juvéniles capturés en mer (moyenne 1973-74) (•·····•).

	67	68	69	70	71	7 2	73	74	75
Lagune Tagba	45	10	43	42	48	53	31	15	20
Lagune Ebrié									
- usines	100	150	94	112	423	300	336	471	612
- circuit artisanal	0	0	0	0	0	50	50	50	50
Lagune Aby									
- usines	120	150	100	100	100	0	0	0	0
- circuit artisanal	50	25	50	50	50	75	100	100	100
Total	315	335	286	305	621	478	517	636	782

Quantités de juvéniles capturés en lagune
(Production totale annuelle estimée à partir de statistiques de production et d'enquêtes).

4.4.- La migration et les conditions de milieu.

Il est intéressant d'essayer de mettre en évidence les facteurs responsables des variations d'abondance des crevettes en migration. Nous en examinerons trois : la température, la salinité et les courants.

4.4.1.- La température.

Si l'on se réfère à la figure 75, l'abondance globale augmente dès le mois d'octobre, passe par un maximum entre janvier et mai, puis décroît jusqu'en août. La similitude entre cette évolution et celle de la température en mer est évidente. L'abondance est maximum en saison chaude et minimum en saison froide. Ce phénomène traduit la relation triviale entre la reproduction et la migration.

4.4.2.- La salinité.

La plupart des penaeïdes côtiers sont, de par leur mode de vie, assez tolérants vis à vis de la salinité, au moins pendant leur phase juvénile. *Penaeus duorarum* est un cas extrême puisqu'on le trouve dans des eaux de 1 ‰ au Dahomey (HOESTLANDT, 1966) et à plus de 70 ‰ dans le Sine Saloum au Sénégal (DE BONDY, 1968). Ils sont cependant sensibles aux variations brutales de salinité et de nombreux auteurs ont déjà noté que certaines migrations correspondaient aux périodes de dessalure rapide du milieu : TABB et al. (1962) et GUNTER (1950) pour *P. duorarum* en Floride, HOESTLANDT (1966) au Dahomey. Ce phénomène a été signalé par DALL (1958) pour des penaeïdes d'Australie, par PULLEN et LEE TRENT (1969) pour *Penaeus setiferus*. Selon une étude expérimentale de HUGUES (1969), pendant la migration, les juvéniles s'orienteraient dans le gradient de salinité.Les changements de rhéotaxie et de distribution verticale associés aux variations cycliques de la salinité en fonction du cycle de marée, les conduiraient à nager avec le courant de reflux et à ne pas être entrainés à nouveau vers l'intérieur avec le flux.Notons que cette théorie ne permet pas d'expliquer la migration des juvéniles à partir des

lagunes sursalées comme le Sine Saloum au Sénégal ou la Laguna Madre au Texas.

En Côte d'Ivoire, le premier maximum de l'année se situe en pleine saison chaude, entre janvier et avril, quand la salinité est la plus élevée, et doit être uniquement lié à la ponte. En revanche, le deuxième a lieu en juin, et correspond au point culminant de la première saison des pluies, donc aux premières crues des rivières côtières. Notons cependant (fig.57) que la chute brutale de la salinité (de 24 à 4 ‰) se produit entre avril et mai et que le maximum de migration n'apparaît qu'en juin au moment où les salinités sont les plus basses (2 ‰). Ce maximum de juin est le plus important en lagune Aby, qui est la seule à ne pas recevoir de grand fleuve et où les crues les plus importantes ont donc lieu à cette époque.

Le troisième maximum se produit en octobre le plus souvent, et parfois en novembre et correspond à la conjonction des crues des grands fleuves (septembre-octobre), des crues des rivières côtières et de la deuxième saison des pluies en basse côte (octobre-novembre). Le niveau de la lagune est maximum en octobre et la salinité minimum. Notons, là également, que les crues des grands fleuves se produisent dans une lagune déjà très dessalée par les premières crues des rivières côtières et ne produisent qu'une dessalure de 7 à 8 ‰ (après la petite saison sèche d'août), en septembre, alors que la migration a lieu en octobre quand la salinité est minimum.

Dans le cas du deuxième et du troisième maximum annuel, on note donc que la migration n'est apparemment pas accélérée quand le gradient temporel de dessalure est le plus élevé, mais plutôt lorsque la salinité est la plus faible et que la lagune est devenue presque homogène. Dans une certaine mesure cela confirme les observations de GALOIS (1975), selon lesquelles une forte dessalure se traduit par un recul des crevettes vers l'embouchure mais que ce recul provisoire est suivi d'un retour dès que les conditions hydrologiques sont stabilisées, ce qui explique que l'on n'observe pas d'accélération de la migration à ce moment là.

L'accélération observée serait dont due :

- à un exode massif quand la salinité est au-dessous d'un niveau minimum (compensable par osmo-régulation?). Ce serait donc dans ce cas la valeur absolue du paramètre et non plus ses variations brusques qui serait en jeu. Ce niveau, qui serait de l'ordre de 2 à 3 ‰, correspondrait également au niveau de 2 ‰ limitant la distribution géographique vers l'ouest. Notons que cette valeur est donnée à titre tout à fait indicatif car on peut se demander, compte tenu des nombreuses interférences possibles en période de crues (sels de fer), quelle est la signification réelle de teneurs aussi faibles.

- à une toute autre raison, comme par exemple à une augmentation des courants de sortie et à ses conséquences directes ou indirectes.

4.4.3.- Les courants.

Bien qu'il n'existe aucune donnée sur les courants dans la lagune, il est cependant possible de définir, au moins qualitativement, les échanges mer-lagune.

Nous avons porté sur la figure 59 le volume global des apports d'eaux douces (par les pluies et les fleuves car les apports par la nappe phréatique ne sont pas connus) estimé par TASTET (1975) pour 1971. Nous y avons également porté

l'extension (en km), sur le fond, des eaux dont la salinité est égale ou supérieure à 20 ‰ mesurée sur la figure 7, page 35 de RANCUREL (1971). Si l'on admet que cette extension est un indice des volumes d'entrée d'eau de mer dans la lagune, et que les apports d'eau douce se traduisent par une augmentation des volumes de sortie, on voit que les entrées les plus importantes se font de janvier à avril d'une part et en août d'autre part et que les sorties les plus importantes se font en juin-juillet et de septembre à novembre. Ceci est confirmé par les variations de niveau de la lagune (fig.57).

On peut donc penser que les courants de sortie les plus forts existent en juin et de septembre à novembre, et qu'ils sont, au moins en partie, responsables de l'accélération de la migration observée à ces deux époques, hypothèse que nous avions précédemment retenue (GARCIA, 1972).

RACEK (1959) en Australie, signalait déjà qu'au tout début des crues les crevettes ne migrent pas mais s'enfouissent. Elles ne migrent que plus tard, quand la décharge continentale s'intensifie. RUELLO (1973), en Australie également, montre qu'en cas de crue modérée, suffisante pour dessaler complètement le milieu, seules les plus grosses crevettes migrent et que la vraie migration en masse ne se produit que lorsque les très grosses crues arrivent dans un milieu déjà dessalé. Pour lui, la cause du départ pourrait être la perturbation des sédiments par les courants violents.

L'action des courants sur la migration peut être directe et YOKEL (1970) a montré que pendant un cycle lunaire l'abondance des crevettes par unité de volume filtré augmentait en vives eaux avec la célérité du courant.

Nous avons également envisagé (GARCIA, 1972), pour expliquer l'action des courants sur la migration, la possibilité d'un allongement de la période de reflux. Cette hypothèse était en relation avec le fait que, dans le canal de Vridi, en période de grandes crues, on n'observe plus de renverse du courant en marée montante, ce qui signifie que les eaux lagunaires s'écoulent continuellement vers la mer sans renversement perceptible du courant. L'étude détaillée sur la durée du temps de pêche effectuée au paragraphe 3.3.2.2. b) avait pour but de vérifier cette hypothèse et nous avons vu que les résultats obtenus étaient variables d'un lieu de pêche à l'autre et en un même lieu de pêche, d'une année à l'autre. Ceci est peut-être lié au fait que la pêcherie ouest ne se trouve pas sur le trajet des eaux de la Comoé, mais dans un doigt de gant situé à l'opposé de la Comoé. L'influence des crues de la Comoé peut alors être très variable suivant les années. Il est cependant vraisemblable que l'hypothèse doit être retenue en ce qui concerne la partie est de la pêcherie, située directement sur le trajet des eaux de la Comoé mais pour laquelle nous n'avons hélas pas de données.

4.5.- Etude des variations géographiques "d'abondance".

La figure 74 indique nettement que les rendements sont plus élevés à l'ouest de la pêcherie, à Adoukro, qu'à N'Diémi et N'Gadykro. Les rendements annuels moyens calculés pendant la période d'abondance élevée (décembre à juillet 1975) sont respectivement 0,77 - 0,47 et 0,28 kg/filet/nuit. Pour préciser ce phénomène, nous avons cherché à obtenir des statistiques précises dans un maximum de villages. Compte tenu de la dispersion des villages, des problèmes de communication et de nos moyens matériels, il ne nous était pas possible de soutenir un tel effort très longtemps. Nous avons donc dû nous contenter de réaliser deux expériences, du 29 octobre au 04 novembre 1974, et du 24 avril au 07 mai 1975, au cours desquelles nous avons

obtenu, dans les villages ayant accepté de coopérer, des statistiques journalières détaillées (heure de mise en pêche, heure de fin de pêche, nombre de filets posés et prise totale).

Les rendements obtenus sont portés sur les figures 76 et 77. Ils sont faibles au niveau de Bapo et Boubo, à l'extrême ouest de la pêcherie, très élevés de N'Gaty à Adoukro et tombent très rapidement au passage de la digue de Jacqueville. Si l'on calcule les rendements en kg/filet/heure de pêche pour tenir compte des variations du temps de pêche d'un lieu à l'autre, le phénomène reste inchangé.

GALOIS (1975), mesurant l'abondance des crevettes à l'aide d'un petit chalut à panneaux, observe la même répartition. La baie de l'Agnéby, entre Alaba et N'Diémi, représente donc bien la zone de croissance privilégiée des juvéniles dans la partie ouest de la lagune Ebrié.

La forte décroissance de l'abondance, au passage de la digue de Jacqueville, est, à notre avis, étroitement liée à la pêche. Les crevettes doivent en effet, pour gagner la mer, passer par un goulet de quelques dizaines de mètres, où les filets atteignent une densité extraordinaire. Plus de 50 % des filets utilisés dans la pêcherie ouest sont concentrés dans les deux villages de Adoukro, N'Diémi et le campement Moïse près de Songonté, à proximité immédiate du goulet.

La mortalité par pêche dans cette zone est certainement très élevée. La faible augmentation ultérieure de l'abondance observée à Godoumé et à N'Gadykro correspond à deux rétrécissements de la lagune et reflète probablement tout à la fois la concentration des crevettes en migration dans une zone plus étroite, l'augmentation de la vitesse des courants et par conséquent l'efficacité accrue du barrage de filets.

Il est difficile de chiffrer l'efficacité de ces filets et de connaître en particulier les taux d'exploitation de cette pêcherie. Notons cependant qu'au début de l'installation de cette pêcherie en 1968, les pêcheurs installés sur l'Ile Boulay, près de l'embouchure, étaient les seuls sur la partie ouest de la lagune et réalisaient fréquemment des prises de l'ordre de 10 kg/filet. Les prises de plus de 50 kg/pirogue n'étaient pas rares. Actuellement, les rendements oscillent autour de 250 g/filet en moyenne.

De même, lorsque les premiers campements se sont implantés à N'Diémi, au cours de la rapide expansion de la pêcherie vers l'ouest, on a vu des pêcheurs ramener 300 kg de crevettes en une nuit, soit près de 30 kg/filet. Les rendements ne dépassent pas 1 kg à l'heure actuelle car la pêcherie s'est encore étendue plus loin vers l'ouest, Adoukro, Alaba et N'Gaty. Il semble donc bien que cette pêcherie soit d'une très grande efficacité, et, pour notre part, nous sommes persuadés que la mortalité est totale au passage du goulet de Jacqueville.

4.6.- Variations géographiques "d'abondance" et conditions de milieu.

Bien que nos chiffres d'abondance concernent la population migrante, nous avons vu au paragraphe 4.4.- que ces valeurs corroborent parfaitement celles obtenues par GALOIS (1975) pour la population en place. L'abondance est faible du canal

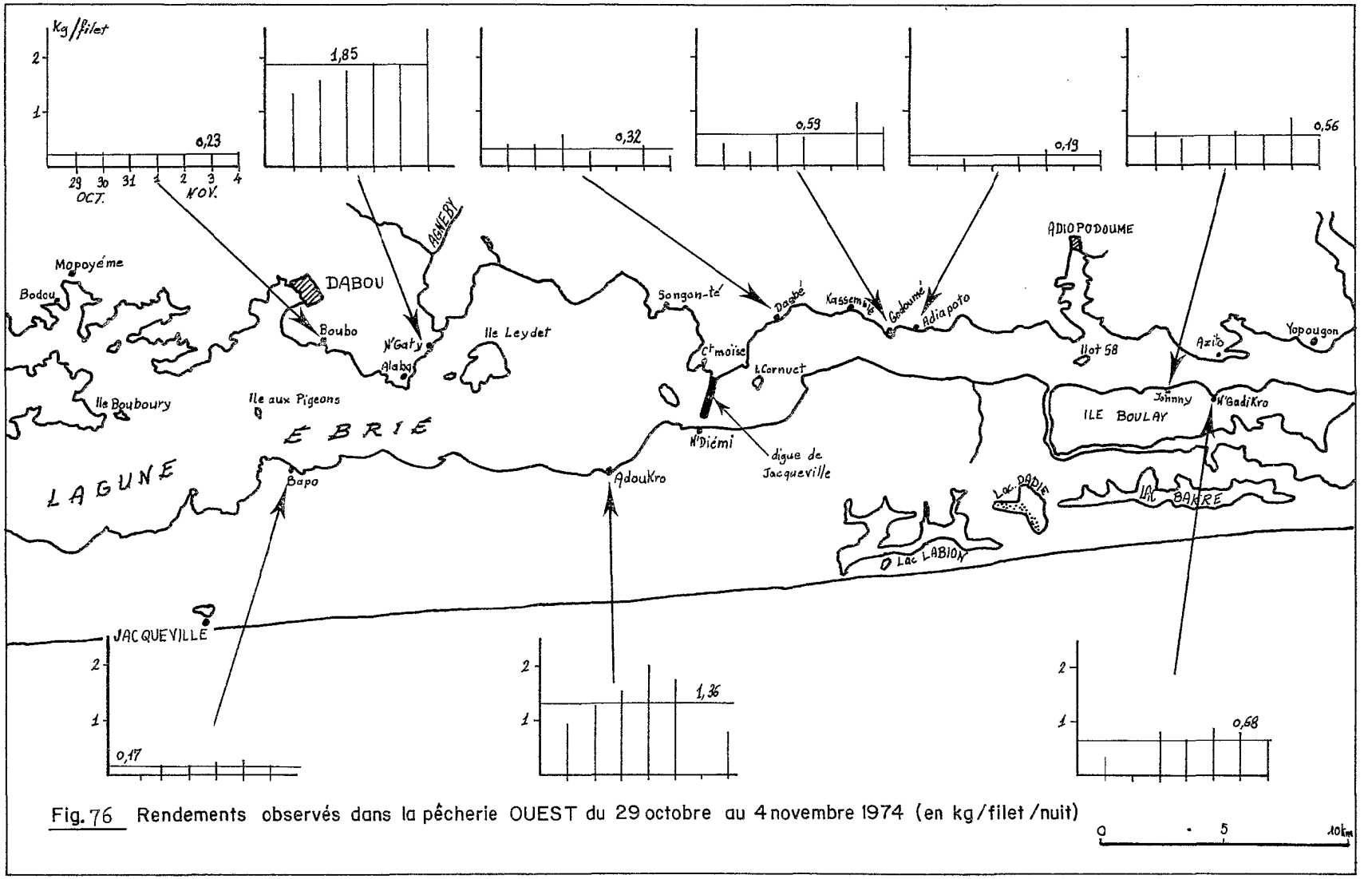


Fig. 76 Rendements observés dans la pêcherie OUEST du 29 octobre au 4 novembre 1974 (en kg/filet/nuit)

de Vridi à la digue de Jacqueville (fig. 77 et 78). Elle augmente ensuite et elle est maximum dans la baie de l'Agneby puis décroît très rapidement entre N'Gaty et Bapo. Il n'y a plus de pêche au-delà de Dabou.

Une petite pêcherie existe à l'extrême ouest de la lagune, à Assagny, en saison sèche. Nous ne possédons pas de données précises sur la partie est mais une petite pêcherie existe entre Abidjan et Vitré. Selon GALOIS, l'abondance y serait plus faible qu'à l'ouest. Cet auteur a déjà étudié les facteurs responsables de la répartition des crevettes dans la lagune et nous reprendrons ici certains de ses résultats pour les compléter. Il convient d'examiner le problème de l'abondance sous deux aspects fondamentaux, d'une part, les limites extrêmes, et, d'autre part, les variations géographiques d'abondance à l'intérieur de ces limites.

4.6.1.- Les limites de la distribution.

4.6.1.1.- La marée.

Nous avons vu que les rendements décroissent très vite après N'Gaty et qu'ils sont très faibles à Bapo. Au-delà de Bapo des essais effectués par les industriels ont donné des rendements nuls ou dérisoires. Le facteur essentiel de cet échec pourrait être non pas l'absence de crevettes, mais l'absence de courants de marée suffisants pour permettre la pêche. Selon TASTET (1975) les valeurs les plus fortes observées en marée descendante sont de 0,20 m/s dans la région de Dabou contre 0,80 à 0,90 entre Adiopodoumé et N'Gadykro. Les amplitudes de marée (pour une amplitude de 100 cm en mer) varient également dans le même sens (fig.78).

La diminution de l'abondance, mesurée cette fois au chalut, est cependant confirmée par GALOIS (1975) et, d'autre part, par le fait que des essais de pêche au filet trainant par les pêcheurs se sont également soldés par un échec. Dabou semble donc bien être la limite de distribution vers l'ouest des crevettes entrant dans la lagune par le canal de Vridi, ce qui représente une extension et un trajet de près de 50 km pour les larves. Les courants de marée étant nécessaires à la répartition des larves dans la lagune, ils pourraient être responsables du phénomène ; cependant l'amplitude des marées (0,11 m) et la vitesse des courants sont encore plus faibles à Assagny, où les crevettes existent pourtant en saison sèche.

4.6.1.2.- La salinité.

La salinité varie beaucoup dans la lagune, en fonction des saisons d'une part et en fonction de l'éloignement par rapport à l'embouchure d'autre part. Nous avons reporté sur la figure 78 les données de RAHM (1954). La salinité la plus élevée est observée dans la baie d'Abidjan (près de 30 ‰) à proximité du canal de Vridi, elle décroît très vite quand on s'éloigne de l'embouchure jusqu'à 2 ‰ environ à Dabou. Pratiquement, la marée saline ne se fait pas sentir au-delà de Dabou. La variation annuelle de la salinité entre les valeurs maximum et minimum mesurées est de 20 ‰ dans la baie d'Abidjan. Elle n'est plus que de 16 ‰ à Adiopodoumé, 10 ‰ à Godoumé et 2,5 ‰ à Dabou (d'après RANCUREL, 1971).

La limite de distribution de *P. duorarum* dans la partie ouest de la lagune est donc également la limite de l'influence marine.

La pêcherie saisonnière d'Assagny est liée à une augmentation de la salinité au fond de la lagune Ebrié, due à une entrée d'eau de mer en provenance de la passe de Grand-Lahou par le canal d'Assagny reliant les lagunes Tagba et Ebrié. La salinité est alors d'environ 2 ‰ (BINDER, 1968).

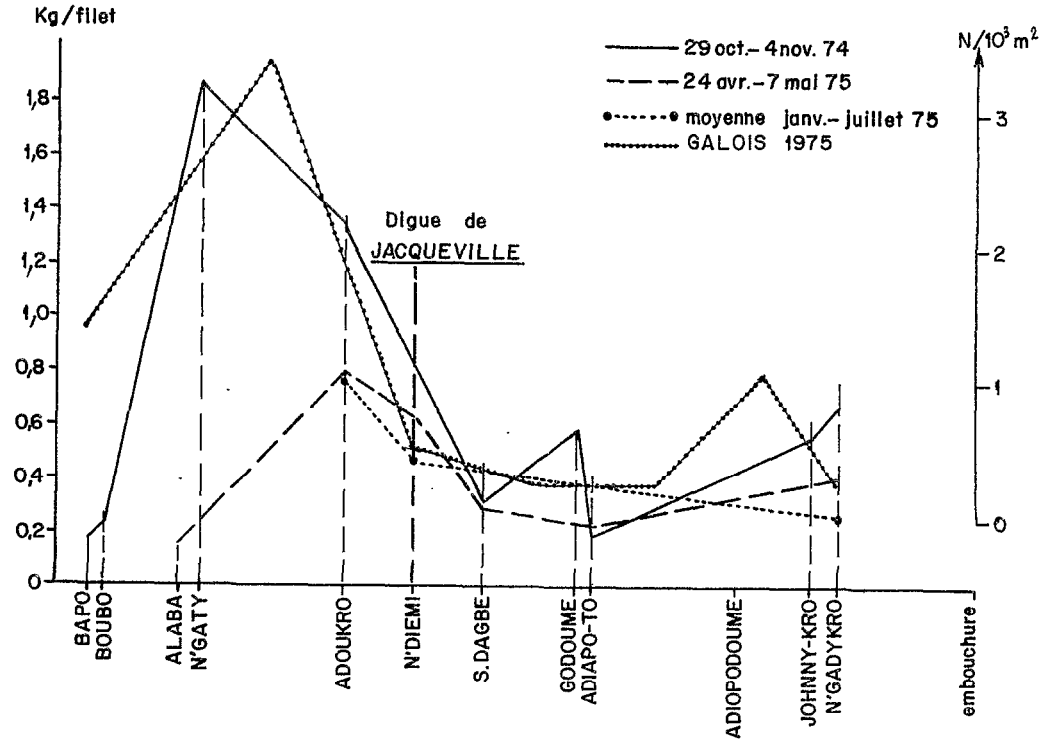


Fig. 77. Rendements observés dans les différents points de pêche de la pêcherie OUEST en lagune EBRIE (1974 et 75).

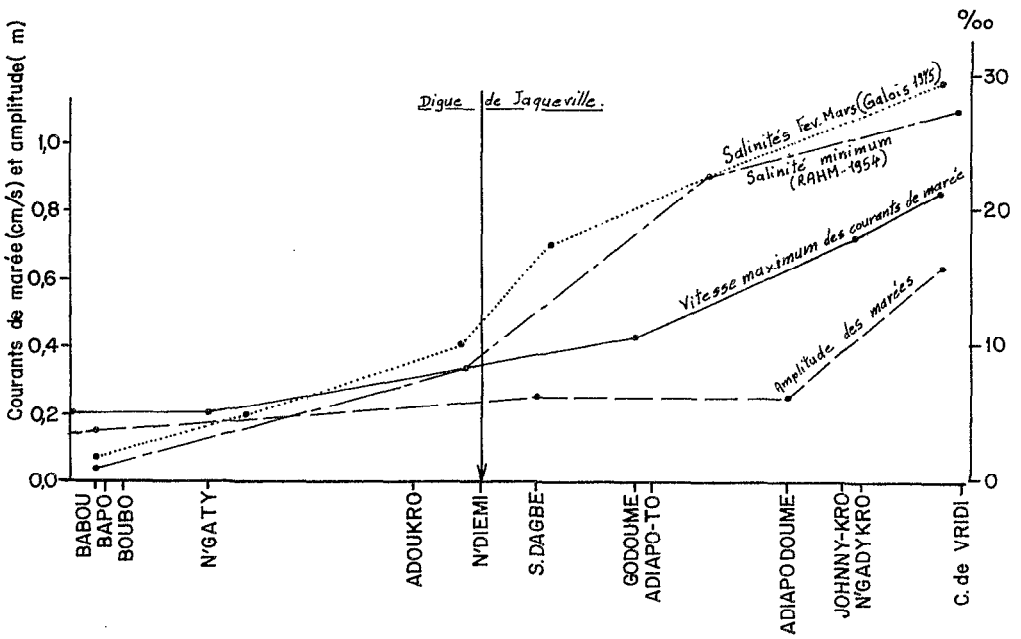


Fig. 78 Evolution de la salinité (Rham 1954, Galois 1975), de la vitesse maximum des courants et de l'amplitude des marées (données Tastet 1975)

4.6.1.3.- Conclusions.

Les limites de la distribution de *P. duorarum* dans la partie ouest de la lagune Ebrié sont étroitement liées à la pénétration des influences marines. Parmi ces influences, les courants de marée jouent un rôle certain puisqu'ils sont nécessaires au transport des larves, mais la salinité joue un rôle très important également. En fait, la limite de distribution semble correspondre beaucoup plus à la limite d'extension de l'onde de marée saline qu'à celle de l'onde de marée dynamique.

4.6.2.- Les variations d'abondance à l'intérieur des limites.

Dans les limites définies plus haut, l'abondance varie et il existe des zones privilégiées. Nos résultats recoupent ceux de GALOIS (1975) (fig.77) et nous nous contenterons de rappeler brièvement ses conclusions. Selon lui, l'abondance exceptionnelle de crevettes dans la baie de l'Agneby serait due à la présence de cette rivière et en particulier à une grande abondance de débris végétaux en décomposition (sols fibreux recherchés pour des raisons trophiques). La zone située entre N'Diémi et l'embouchure serait surtout une zone de passage pour les crevettes en migration. Cette hypothèse est étayée par le fait que la taille moyenne dans ses captures augmente régulièrement de Dabou à l'embouchure.

La salinité ne joue donc apparemment aucun rôle dans la répartition de la biomasse des crevettes à l'intérieur des limites de distribution, encore qu'elle puisse très vraisemblablement agir sur la répartition géographique des tailles (GALOIS, 1975). Un point important doit être souligné. Nous avons mesuré l'abondance de la fraction de la population en migration. Or cette abondance décroît de N'Gaty vers la mer, alors que les courants sont de plus en plus forts et que les volumes filtrés par les filets pendant l'opération de pêche sont de plus en plus élevés. Logiquement, on peut penser que les grosses cohortes en migration, issues de la zone riche de l'Agneby, doivent traverser toute la pêcherie ouest pour regagner la mer. Leur migration devrait donc être perçue dans le couloir de passage entre N'Diémi et N'Gadykro, et il n'y a apparemment aucune raison pour que l'abondance réelle des migrants diminue quand on s'éloigne de l'Agneby vers la mer. En outre, il existe sur le trajet de ces crevettes des nurseries plus petites mais certainement productrices, comme celle de la baie d'Adiopodoumé, dont les apports devraient s'ajouter à ceux de la baie de l'Agneby.

Une explication simple mais très importante de ce phénomène est que la mortalité par pêche le long de la pêcherie et en particulier au goulet de N'Diémi est tellement élevée qu'il n'y a plus contamination des secteurs situés en aval par la production des secteurs amonts.

5 - SEX-RATIO ET TAILLE A LA MIGRATION.

Des échantillons de captures ont été prélevés pour détermination des sexes et mensurations, d'avril 1969 à décembre 1971. 45 échantillons ont été prélevés en lagune Tagba, soit 1 à 2 par mois suivant nos possibilités. De mars 1969 à février 1970, 28 échantillons ont été prélevés en lagune Ebrié, soit 2 par mois. Ce programme a été ensuite repris en décembre 1972 et jusqu'en décembre 1975 nous avons prélevé 4 échantillons par mois, pour couvrir les quatre phases lunaires.

5.1.- Le sex-ratio.

Nous reprenons, ici, par souci d'unité, les principaux résultats du chapitre II (§4.2). Le sex-ratio global observé en lagune Tagba et en lagune Ebrié a été respectivement 50,0 et 50,2%. Il varie avec la taille : le pourcentage des femelles est plus élevé que celui des mâles, pour les petites tailles et pour les plus grandes (GARCIA 1974, page 30, fig.12). La partie droite de la courbe traduit la différence entre les vitesses de croissance des mâles et des femelles, déjà perceptible en lagune ainsi que le confirme GALOIS (1975). La partie gauche pourrait être liée à un phénomène de sélectivité différentielle des maillages vis à vis des sexes. Notons que des courbes identiques sont obtenues par GALOIS (1975) qui invoque, lui, un biais dans l'échantillonnage pour expliquer la dominance des femelles dans les plus petites tailles. Ce phénomènes apparaît également nettement en mer, lorsqu'on examine les captures des crevettiers professionnels, en Côte d'Ivoire (GARCIA, 1974), à Madagascar (MARCILLE, comm. pers.), en Colombie (ROJAS BELTRAN, 1975).

Le sex-ratio dans les captures varie également saisonnièrement. Le pourcentage de femelles est maximum en saison chaude et minimum en saison froide. Les femelles dominent quand l'abondance des immatures est élevée et les mâles dominent en période de faible abondance (en août).

5.2.- La taille à la migration.

La taille moyenne à la migration, non pondérée, des 9428 crevettes mesurées de 1969 à 1971 à Grand-Lahou est de 16,9 mm (LC) pour les femelles et 16,2 mm (LC) pour les mâles. En lagune Ebrié on trouve pour 1969-1970 une taille de 16,9 mm (LC) pour les femelles et 16,5 mm (LC) pour les mâles. Ces différences entre les sexes sont significatives au seuil de 1 % (GARCIA, 1974) et sont confirmées par GALOIS (1975). Ces observations recoupent les variations du sex-ratio en fonction de la taille et permettent d'affirmer que la différence dans les vitesses de croissance entre les deux sexes est déjà perceptible à la migration.

On doit noter cependant que les mensurations faites en 1969-1970 en lagune Ebrié ne sont pas très caractéristiques car ce fut une année très pluvieuse et les crevettes, ainsi que nous le verrons plus loin, ont migré à une taille inférieure à la taille habituelle. Si l'on examine la figure 79, on voit que la migration s'effectue, en lagune Ebrié, à une taille variable comprise entre 17 et 20 mm pendant la période de forte abondance, de décembre à juin, cette taille augmente en période de faible abondance de juillet à septembre.

A Grand-Lahou, les tailles sont comprises entre 14,5 mm et 17,5 mm de décembre à juin. Au Nigéria, elles sont comprises entre 12,5 et 17,5 mm pendant la même période.

GALOIS (1975) a étudié l'abondance des juvéniles dans une nurserie d'Adiopodoumé dans la lagune Ebrié. Bien que ses mesures concernent l'abondance des jeunes avant la migration, mesurée à l'aide d'un chalut, on voit nettement sur ses figures 22, 26 et 53 que l'abondance des générations diminue brutalement pour des tailles comprises entre 15 et 18 mm (LC). D'autre part, son histogramme global des captures (fig.25 page 59) passe par un maximum à 15,7 mm puis l'abondance décroît rapidement, ce qui confirme, qu'au delà de cette taille les crevettes ont déjà commencé à quitter la nursery.

La taille à la migration n'est pas stable et varie saisonnièrement. Toutes les données disponibles sont groupées sur la figure 79. Les variations de taille représentées sont celles des femelles. Celles des mâles sont identiques, avec seulement un faible décalage dans les tailles moyennes, perceptible surtout en saison froide où les crevettes sont les plus grosses. Les tailles à la migration les plus faibles sont observées en saison chaude d'octobre- novembre à juin-juillet. A partir de juillet la taille augmente très rapidement et passe par un maximum absolu en septembre.

Différents auteurs ont observé des variations de la taille en lagune, mais nous ne citerons ici que ceux dont les observations se rattachent sans équivoque possible à des crevettes en migration. Divers facteurs ont été invoqués pour expliquer ce phénomène : la croissance, des variations dans la durée du séjour, les conditions climatiques, l'abondance. Nous allons les passer en revue.

5.2.1.- Relation entre la croissance et la taille à la migration.

TABB et al. (1962) ont assimilé la progression des tailles moyennes à une croissance. Cela implique qu'il s'agit d'une même génération qui mettrait 5 à 6 mois pour quitter la lagune. Les premiers éléments de cette classe migreraient après 1 mois ou 2 de séjour en lagune et les derniers après 6 ou 8 mois, or, PARKER (1970) a montré que la migration d'une classe d'âge de *P. aztecus* est très rapide et massive. KUTKUHN (1966) et GARCIA et al. (1970) admettent que le séjour moyen en lagune est de 12 à 16 semaines.

Selon GALOIS (1975) il serait de 10 à 11,5 semaines. Selon LE RESTE (1971 et 1973) il serait de 3-4 mois pour *P. indicus*. La théorie émise par TABB et ses collaborateurs est donc difficile à généraliser, d'autant plus que la "croissance" ainsi mesurée (3 à 4 mm LC/mois) est beaucoup plus faible que ce que l'on admet dans les travaux les plus récents (8 mm LC/mois d'après divers auteurs, repris par GALOIS (1975)).

5.2.2.- Action directe des conditions de milieu sur la croissance.

On peut penser que la taille des crevettes à la migration dépend des conditions de milieu supportées pendant le séjour en lagune. En Côte d'Ivoire (fig.79) les tailles les plus faibles sont observées pendant la saison chaude, de novembre à juin-juillet. Elles augmentent très brusquement en août et septembre pendant la période froide puis diminuent tout aussi brusquement en octobre-novembre lorsque la température s'élève à nouveau. Au Nigéria, (selon les données de OBAKIN, 1969 et 1970 dans la lagune de Lagos où les conditions climatiques sont très semblables) les tailles augmentent également brusquement de juillet à août-septembre et diminuent en octobre-novembre. En saison chaude, l'évolution semble variable d'une année à l'autre, mais les données disponibles ne permettent pas de pousser plus avant l'analyse. Notons cependant qu'il y a une grande similitude entre les courbes 1974 et 1975 en lagune Ebrié et la courbe 1970 à Lagos (la seule année complète). Au Dahomey, dans le chenal de Cotonou reliant le lac Nokoué à la mer, HOESTLANDT (1969) observe également des variations de la taille mais les données sont trop incomplètes, en particulier en septembre-octobre, pour avoir une idée nette des variations saisonnières de la taille.

La taille des crevettes en migration est donc la plus élevée en saison froide. La même observation peut être faite à partir des données de TABB et al. (1962) BEARDSLEY (1967), SALOMAN (1968), YOKEL (1970) dans le Golfe du Mexique. Les études menées par ZEIN-ELDIN (1963) et ZEIN-ELDIN et ALDRICH (1965) montrent cependant que la

croissance est d'autant plus rapide que la température est élevée ; ce facteur n'est donc pas, dans ces cas-là, directement responsable des variations observées. En revanche, au Sénégal, DE BONDY (1968) observe dans le Sine Saloum les tailles les plus élevées en juillet-août, c'est à dire au début de la saison chaude.

Nous n'avons pas pu dégager de relation nette entre la salinité pendant la durée du séjour et la taille à la migration. Par ailleurs, ZEIN-ELDIN (1963) et ZEIN-ELDIN et ALDRICH (1965) ont montré que, dans les conditions normalement supportées par l'espèce, la salinité ne jouait aucun rôle sur la vitesse de croissance des jeunes. Il est cependant possible de mettre en évidence une action indirecte des conditions de milieu sur la taille à la migration.

5.2.3.- Action des conditions de milieu sur la durée de séjour en lagune.

Pour YOKEL (1970), les variations indiquent "that shrimp emigrate from Cook-Bay over a wide size range, suggesting that they spend varying periods in the estuary". LE RESTE (1973 b) reprend également cette hypothèse pour les juvéniles de *P. indicus* migrant de la zone intertidale vers les fonds de reproduction. Pour BEARDSLEY (1967) les variations de taille seraient dues à l'interaction de deux facteurs : croissance et durée du séjour.

Les chutes brutales de la taille observées par PULLEN et TRENT (1969) correspondent à des vagues successives de juvéniles chassés des lagunes et dont le séjour a été probablement écourté par des chutes brutales de température. Des phénomènes de fuite analogues sont observés par RACEK (1959) et RUELLO (1973), liés à des conditions climatiques défavorables et pourraient expliquer certaines des variations de taille que l'on observe couplées à des variations inverses de l'abondance. L'action des chutes brutales de température avait été suggérée par TABB, DUBROW et JONES (1962).

En Côte d'Ivoire, comme au Nigéria, les variations thermiques sont insignifiantes. Les dessalures en revanche sont importantes et leur rôle, dans les mouvements et la répartition des crevettes mis en lumière par GUNTER (1950) en Floride, a été récemment confirmé par GALOIS (1975) en lagune Ebrié.

La répartition des tailles des crevettes dans les estuaires est étroitement liée à la salinité, et les plus petites tailles sont trouvées dans les eaux peu profondes, les plus dessalées, sur les bordures des baies. En grandissant les crevettes reculent d'abord vers les chenaux, puis vers la mer. WILLIAMS (1955), TABB, DUBROW et JONES (1962), GUNTER et al. (1964), SALOMAN (1965), PARKER (1970), RUELLO (1973), GALOIS (1975).

On peut donc penser que ce mouvement de recul est associé à la recherche d'un optimum halin et que cette recherche peut conduire les crevettes à quitter la lagune plus ou moins tôt selon que les conditions leur sont défavorables ou non.

Plusieurs de nos observations sont conformes à cette hypothèse. Si l'on compare les courbes de taille moyenne de janvier à juillet en lagune Tagba à celles de la lagune Ebrié, on voit que les crevettes sont en moyenne plus petites dans la première. Or, la lagune Ebrié, ouverte en permanence sur la mer grâce au canal artificiel de Vridi, d'une vingtaine de mètres de profondeur, est nettement plus soumise à l'influence marine que la lagune Tagba qui ne communique avec la mer que par une passe peu profonde et plus ou moins ensablée une bonne partie de l'année. Selon les industriels qui ont effectué des essais de commercialisation de crevettes de la lagune Aby, ouverte elle aussi par une seule passe peu profonde, les crevettes y sont également très petites.

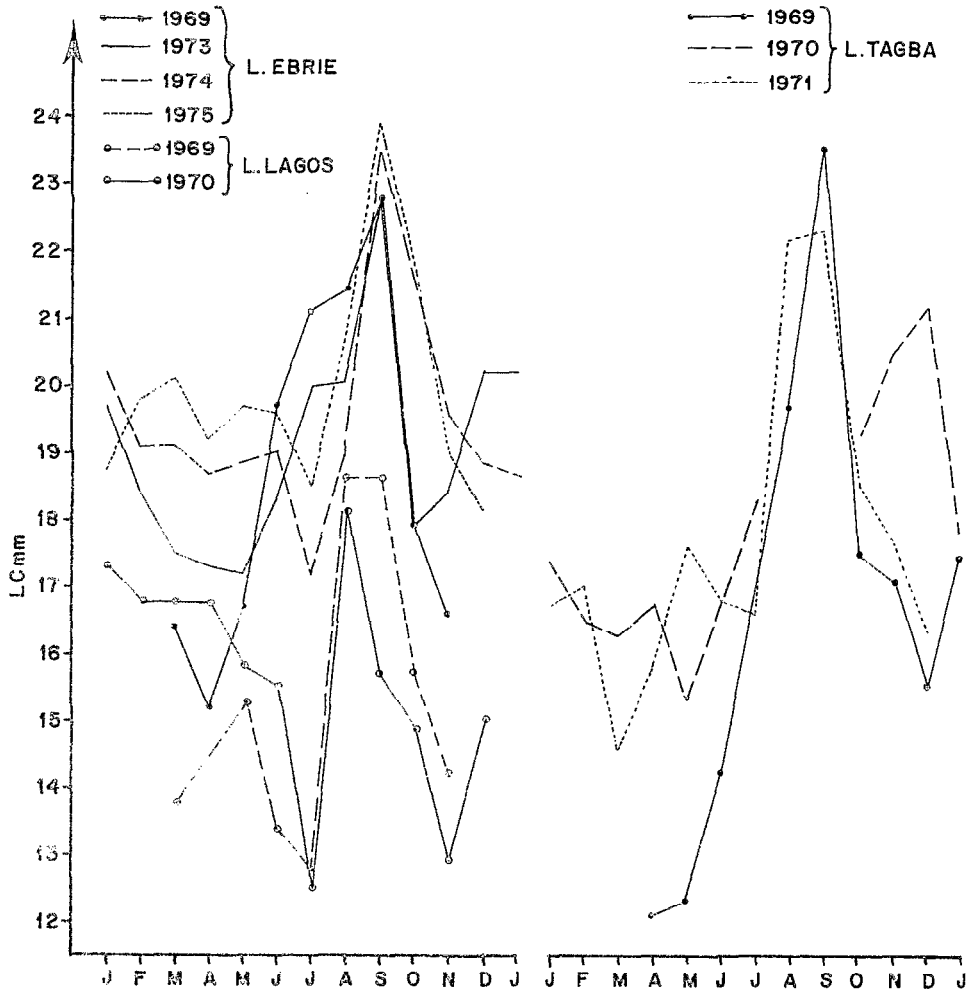


FIG. 79 Variations mensuelles de la taille moyenne à la migration dans les lagunes EBRIE et TAGBA en côte d'ivoire et la lagune de LAGOS au Nigéria (d'après des données de Obakin 1969 et 1970).

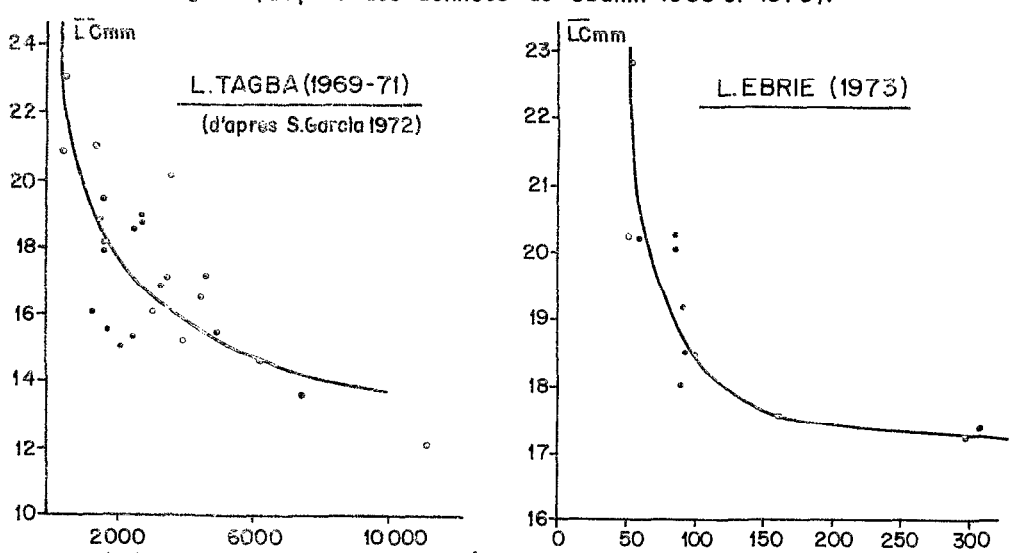


Fig. 80 Relation entre la taille moyenne à la migration et l'abondance.

De même les tailles observées respectivement dans les lagunes Ebrié et Tagba en 1969 sont plus faibles que celles que l'on observe les autres années (de janvier à juillet), or cette année-là est la plus pluvieuse de toute la période d'observation (fig.15).

En lagune Ebrié, les crevettes récoltées par les industriels dans la partie est, entre Abidjan et Vitré, plus dessalée car sous l'influence directe de la Comoé, sont plus petites que celles récoltées sur la partie ouest entre Abidjan et Dabou.

Les petites tailles observées dans la lagune de Lagos (fig.79) qui subit l'influence du fleuve Niger sont peut-être dues à une salinité en moyenne plus faible.

Ces observations tendent à prouver que la salinité, si elle ne joue pas un rôle direct sur la croissance, joue certainement sur la taille à la migration un rôle indirect. Il est possible que le séjour en lagune soit plus long quand les eaux lagunaires sont plus salées.

5.2.4.- Relation entre l'abondance et la taille à la migration.

Il existe une bonne relation entre l'abondance et la taille des crevettes en migration. En Côte d'Ivoire, les tailles les plus élevées correspondent, en saison froide, aux abondances les plus faibles et vice-versa. Cette relation a été très nettement mise en évidence par GARCIA (1972) dans la lagune de Grand-Lahou de 1969 à 1971 et on la retrouve en 1973 par exemple en lagune Ebrié (fig.80). YOKEL (1970) signale aussi l'étroite relation entre ces deux paramètres. Le même phénomène est observé au Nigéria où l'abondance est élevée de février à mai et faible à partir de juillet (d'après les données de OBAKIN 1969 et 1970). Les observations de HOESTLANDT (1969) dans le chenal de Cotonou, bien que fragmentaires, sont également conformes à ce schéma.

Une relation inverse entre la taille et l'abondance est courante dans la pisciculture et une des hypothèses que nous avions avancées en 1972, permettant d'expliquer ce phénomène fait intervenir la compétition intraspécifique pour l'alimentation. La relation que nous obtenons est, en effet, du même type que celle que O'CONNEL et RAYMOND (1970) et SAMIR-ZAKI (1969) trouvent entre la taille atteinte chez des poissons à un stade donné et leur ration alimentaire. Elle impliquerait cependant que l'alimentation est un facteur limitant dans des milieux considérés comme très productifs. Il existe une deuxième hypothèse permettant d'expliquer la liaison étroite entre l'abondance et la taille par l'intermédiaire du recrutement.

5.2.5.- Relation entre le recrutement et la taille à la migration.

GALOIS (1975) distingue les générations (issues d'un maximum saisonnier de ponte) des cohortes (subdivisions plus fines correspondant peut-être à un rythme lunaire de recrutement des larves). Plusieurs cohortes constituent, selon lui, une génération. Ce schéma apparaît bien sur la figure que nous reproduisons (fig.81). L'abondance des générations décroît brutalement lorsque la taille moyenne atteint 16 à 17 mm, quelques jours avant d'apparaître dans les captures. Cependant certaines cohortes sont suivies jusqu'à une taille moyenne de 22 à 24 mm LC, ce qui signifie que leur migration commence lorsque la taille moyenne atteint 16-17 mm (LC) et peut dans certains cas se poursuivre pendant un mois avec des abondances décroissantes. On peut donc penser qu'à tout moment la population de migrants contient un mélange de différentes cohortes, à différents stades de leur migration et donc à différentes tailles. Il faut

d'ailleurs noter que les distributions de fréquences obtenues sont très rarement unimodales et comportent un mode principal très net et de 1 à 3 petits modes à effectifs faibles.

Dans ces conditions, on peut concevoir que pendant la saison chaude, qui est une période de recrutement larvaire pour la lagune, la population migrante soit composéd d'un mélange de cohortes d'âge légèrement différent, donnant une taille moyenne comprise entre 17 et 20 mm (LC). En fin de saison chaude, la ponte étant nettement ralentie, la population migrante n'est plus alimentée en jeunes recrues. Elle est constituée uniquement par des résidus de cohortes dont le gros des effectifs est déjà en mer. Ces crevettes sont moins abondantes et plus âgées et donc plus grandes.

Les variations de taille ne reflèteraient donc que des variations dans la composition de la population migrante, ce qui fournit une explication plausible de la relation taille-abondance observée généralement.

5.2.6.- Conclusions.

Nous avons passé en revue toutes les hypothèses possibles pour tenter d'expliquer les variations de la taille à la migration, parmi lesquelles certaines nous semblent plus vraisemblables que d'autres.

Ainsi il ne nous paraît pas très vraisemblable que les augmentations de la taille moyenne puissent être assimilées à une croissance réelle car les crevettes ne font que passer dans la pêcherie et d'une semaine à l'autre les échantillons récoltés ne sont plus représentatifs de la même population.

Il nous paraît également peu probable, au moins dans le golfe de Guinée où elle est relativement stable, que la température pendant la durée du séjour en lagune puisse être invoquée, d'autant que les variations de taille observées (maximum en saison froide) ne concordent pas avec ce que l'on connaît des relations entre la température et la croissance.

Il a été montré expérimentalement que la salinité ne jouait aucun rôle sur la croissance. Nous avons pourtant noté des différences nettes, d'une année à l'autre, d'une lagune à l'autre et d'une zone à l'autre dans une même lagune, étroitement liées à la salinité ou à tout autre facteur connexe. La relation pourrait donc se faire par l'intermédiaire de la durée du séjour en lagune qui serait écourtée lorsque le milieu est trop dessalée, ceci en relation avec le fait que l'euryhalinité des crevettes diminue avec l'âge.

La relation inverse entre l'abondance et la taille est un fait certain et très caractéristique. Deux interprétations de ce phénomène peuvent être proposées. Il peut s'agir du résultat d'une compétition intraspécifique au niveau trophique : l'adaptation de l'espèce conduirait à pallier l'insuffisance de nourriture par des variations de taille plutôt que par une augmentation de ma mortalité. Ceci impliquerait que la nourriture fût un facteur limitant, ce qui reste à prouver.

Cette relation entre l'abondance et la taille peut être également interprétée comme une relation indirecte faisant intervenir le recrutement. En période de recrutement intense, la taille de la population migrante oscille autour de la taille normale à la migration. Quand le recrutement cesse, la population migrante,

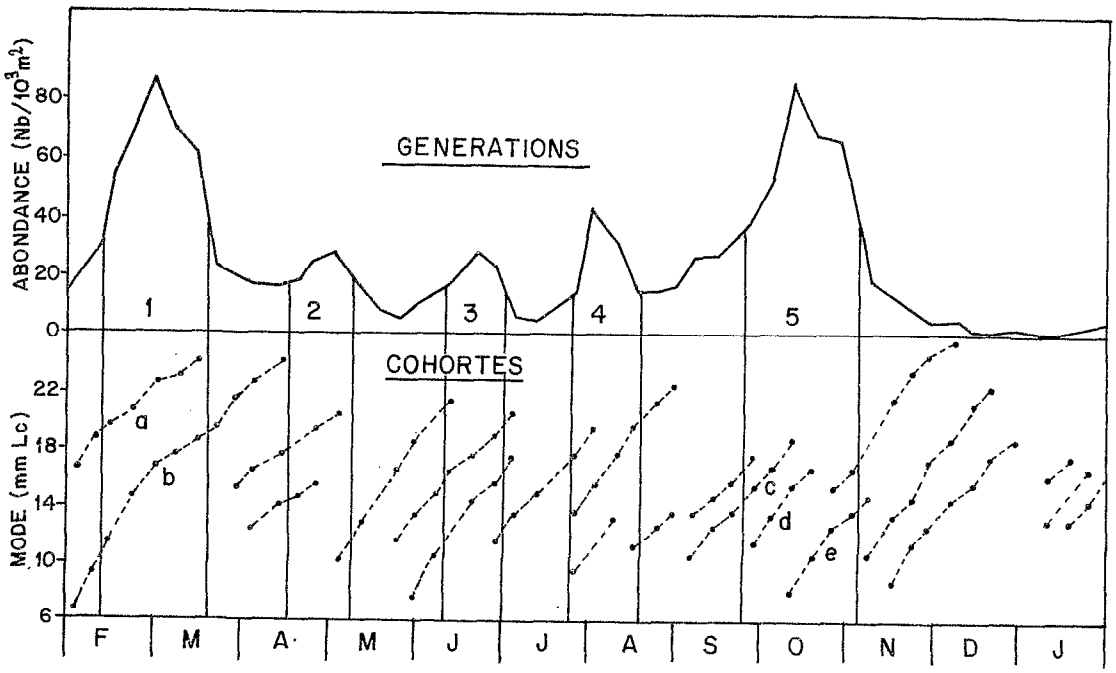


Fig. 81 : Générations et cohortes à Adiopodoumé en 1972 (d'après Galois 1975)

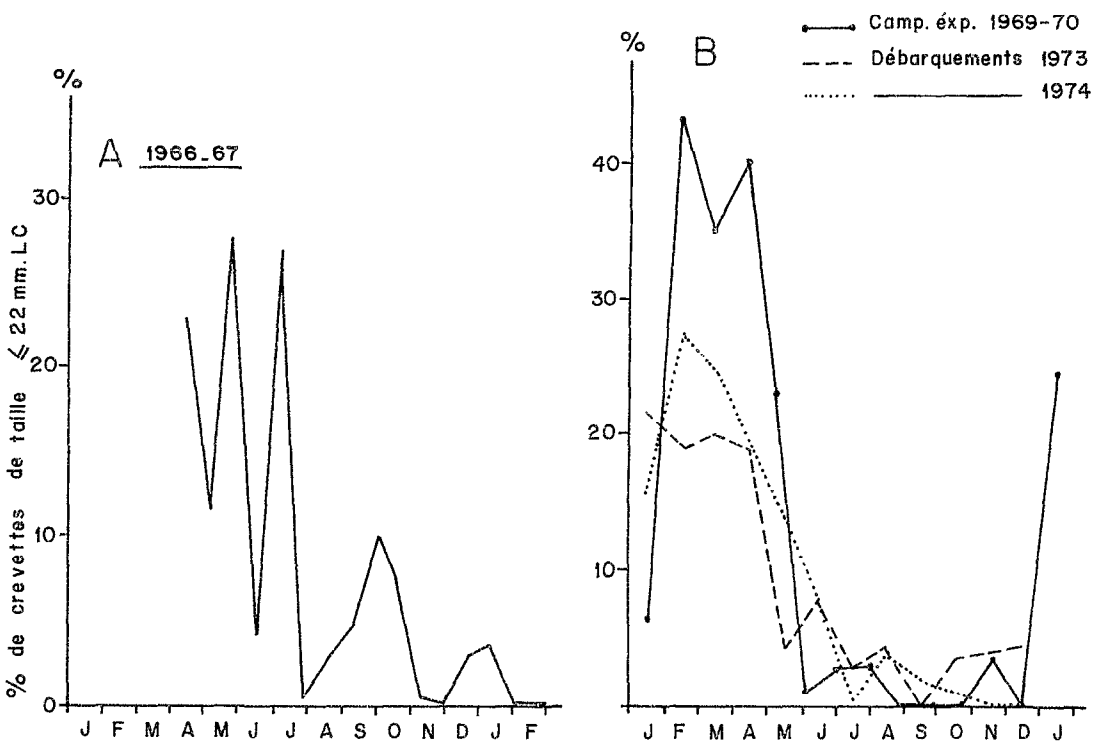


Fig. 82 : Pourcentages de juvéniles (LC ≤ 22 mm.) dans les captures, en mer.

composée des individus les plus âgés des différentes cohortes, vieillit et sa taille moyenne augmente comme, par exemple, en août-septembre.

Il est très vraisemblable qu'aucune de ces hypothèses ne permet à elle seule d'expliquer les variations saisonnières de la taille à la migration, et que les facteurs énoncés peuvent agir successivement ou même simultanément.

6 - MIGRATION ET RECRUTEMENT EN MER

Les variations saisonnières d'abondance des crevettes en migration peuvent être assimilées à des variations saisonnières du recrutement, définies comme le processus par lequel les juvéniles de la population s'intègrent pour la première fois au stock pêchable, et deviennent disponibles. Le recrutement peut également être étudié à travers les variations saisonnières de la proportion d'individus très jeunes dans les captures.

Nous avons calculé le pourcentage d'individus de taille inférieure à 22 mm (LC) dans les captures réalisées au cours des campagnes expérimentales 1966-67 et 1969-70, et par la pêche professionnelle en 1973 et 1974 (où nous avons les meilleures mensurations). Le calcul a porté sur les distributions de fréquence des tailles des femelles car leur croissance est plus rapide et l'on peut estimer raisonnablement que leur abondance d'un mois ne se répercute pas sur le suivant.

Sur la figure 82-B, on notera l'excellente superposition des courbes 1969-70, 1973 et 1974. La courbe moyenne pour la période (1973 + 1974) a été calculée et transformée(1) pour être comparée aux courbes de reproduction et de migration (figure 83). On note une grande similitude et aussi des points de contraste. La courbe est centrée sur février-mars, ce qui confirme que le temps de latence, entre la migration hors de la lagune et le recrutement proprement dit est très court et en tout cas inférieur à 1 mois. Il faut cependant noter que les crevettes qui sortent de la lagune en octobre, novembre sont peu représentées dans les captures en mer, et que ceci pourrait être du à un faible coefficient de capturabilité pour les jeunes recrues à cette saison. C'est en effet la période où la couche d'eaux dessalées est la plus épaisse et où les bons rendements sont obtenus en dessous de 45 mètres. La flotille pêche alors bien en dessous de la zone de distribution habituelle des jeunes (chapitre I., paragraphe 3.3.2.-). Il est possible que la fraction la plus jeune du stock, plus euryhaline ne suive pas le mouvement de repli des adultes et que leur comportement les rende alors plus vulnérable. Elle entrerait donc dans la pêcherie à une taille supérieure à la taille habituelle.

La campagne expérimentale 1966-67 a donné des résultats un peu différents (fig.82-A). La période de recrutement intense semble avoir duré plus longtemps que d'habitude (jusqu'en juillet) et le maximum d'octobre apparaît nettement. Le schéma général est donc confirmé mais il faut noter la possibilité de variations d'une année sur l'autre, de la durée de la période de recrutement. Ceci influe certainement sur la production annuelle.

En conclusion, les données qui nous paraissent le mieux traduire le cycle annuel de recrutement sont les rendements numériques mensuels moyens à Grand-Lahou (moyenne 1969-1971). Ce sont celles que nous utiliserons dans la suite

---

(1) en divisant chaque valeur par la moyenne.

de ce travail, dans le modèle de simulation. Exprimé en pourcentages, ce cycle est le suivant

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
%	11,9	13,9	13,6	13,3	7,9	7,3	4,6	2,0	3,3	8,9	8,3	5,0

7 - RECONSTITUTION CHRONOLOGIQUE DU CYCLE VITAL.

Il n'existe pas pour les crevettes de méthode de lecture directe de l'âge, et celui-ci est en général toujours estimé par rapport à un évènement marquant. Le plus souvent on utilise un âge "relatif" en prenant le recrutement comme origine des temps (GARCIA, PETIT et TROADEC 1970, GARCIA 1975, GALOIS 1975). Il est cependant nécessaire de définir de façon aussi précise que possible la chronologie réelle, et ceci est généralement réalisé en faisant une hypothèse sur la durée du séjour en lagune, ou en assimilant cette durée à la valeur de t'o calculée par la méthode de VON BERTALANFFY pour la croissance en mer. Cette dernière méthode n'est, a priori, qu'une grossière approximation car elle implique que la croissance obéisse aux mêmes lois pendant la vie lagunaire, ce qui n'est pas forcément vérifié.

Nous disposons de cycles annuels moyens de ponte, d'abondance larvaire, de migration, et l'analyse de leur enchainement doit nous permettre de tirer une estimation de la durée du séjour en lagune, de l'âge à la migration et de l'âge au recrutement.

Nous avons reporté sur la figure 83 les éléments dont nous disposons et, pour faciliter les comparaisons, les différentes variables de la reproduction ont éte transformées(en divisant par la moyenne) pour évoluer autour de la valeur 1.

On voit que les cycles d'abondance des femelles mûres (moyenne 1971-75) et des larves à l'entrée de la lagune Ebrié (même période) sont en phase, et que la reproduction peut être centrée sur le mois de novembre. La migration, qui commence en octobre-novembre et dure jusqu'en mai, peut être centrée sur février. Il s'écoule donc trois mois en moyenne entre l'entrée des larves en lagune et leur migration vers la mer. Nos données ne nous permettent pas de savoir l'âge des larves au moment de leur entrée en lagune, sinon qu'il est inférieur à un mois. D'après les expériences réalisées en aquaculture on peut admettre trois semaines comme une estimation. L'âge à la migration est donc en moyenne de 3,7 mois.

GALOIS (1975) étudiant la croissance des juvéniles en Côte d'Ivoire, estime la durée du séjour en lagune à 2 mois et l'âge à la migration à 2,5-3 mois.

KUTKUHN (1966) dans le Golfe du Mexique estime l'âge à la migration de *P. duorarum duorarum* à 2,5-3 mois. Des résultats très similaires sont obtenus par BAXTER (1967) pour *P. aztecus* au Texas, et LE RESTE (1971 et 1973) pour *P. indicus* à Madagascar.

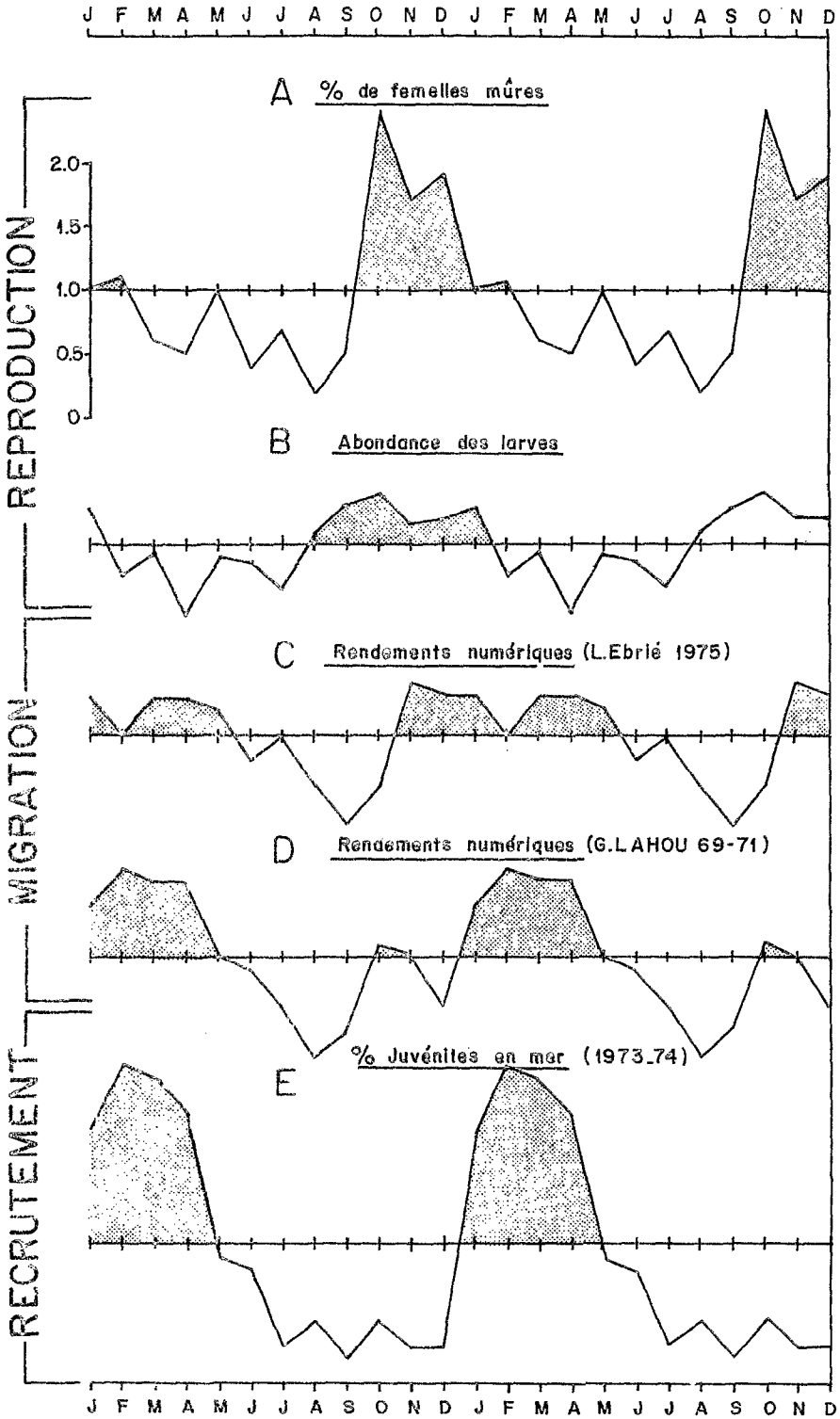


Fig.83: Variations saisonnières des différentes phases du cycle de reproduction (valeurs divisées par leurs moyenne)

La taille moyenne à la migration est comprise entre 16 et 17 mm (LC) (prenons 16,5 mm). Si l'âge moyen correspondant est 3,7 mois, nous disposons d'un repère chronologique autour duquel on peut articuler les courbes de croissance calculées par GALOIS (1975) et nous-mêmes avec une échelle des temps relative.

Nous avons utilisé la relation $L_{(t+1)} - L_t = f(L_t)$ de GALOIS pour tracer la relation $L_{(t+1)} = f(L_t)$. En prenant comme point de départ 16,5 mm (LC) et 3,7 mois, nous avons recalculé les tailles correspondant aux intervalles de temps précédents, de semaine en semaine, jusqu'à une taille de 5 mm (pour ne pas extrapoler en-deça des données utilisées par GALOIS pour calculer sa courbe). Ce dernier point a été relié à l'origine par une ligne droite (fig.84). Si l'on prolonge la courbe au delà de 16,5 mm (LC), la taille 18 mm (LC) est atteinte à 3,9 mois. Nous verrons au chapitre VII que les courbes de croissance calculées en prenant 18mm comme taille à l'origine conduisent à une estimation de t'o = -2,7 ± 0,5 et -3,1 ± 0,7. C'est à dire que t'o est compris, suivant les expériences, entre -2,2 et -3,8. Le paramètre t'o de l'équation de VON BERTALANFFY est donc dans ce cas une estimation raisonnable de l'âge à la migration bien que légèrement sous-estimée.

Les courbes de croissance en mer pour les mâles et les femelles ont été articulées à partir de ce point (18 mm, 3,9 mois). La taille à la première ponte étant 30 mm (LC), l'âge correspondant est donc d'environ 6,7 mois.

Il semble qu'après le recrutement sur le fond de pêche, toute la partie juvénile du stock ne soit pas immédiatement vulnérable (chapitre VII). Nous avons donc porté sur la figure 84 la taille L_{50} caractérisant la courbe de sélectivité (taille à laquelle 50 % des individus passent à travers les mailles) pour les maillages utilisés en Côte d'Ivoire, (LHOMME ° comm. pers.).

° CRO DT - DAKAR Thiaroye - Sénégal

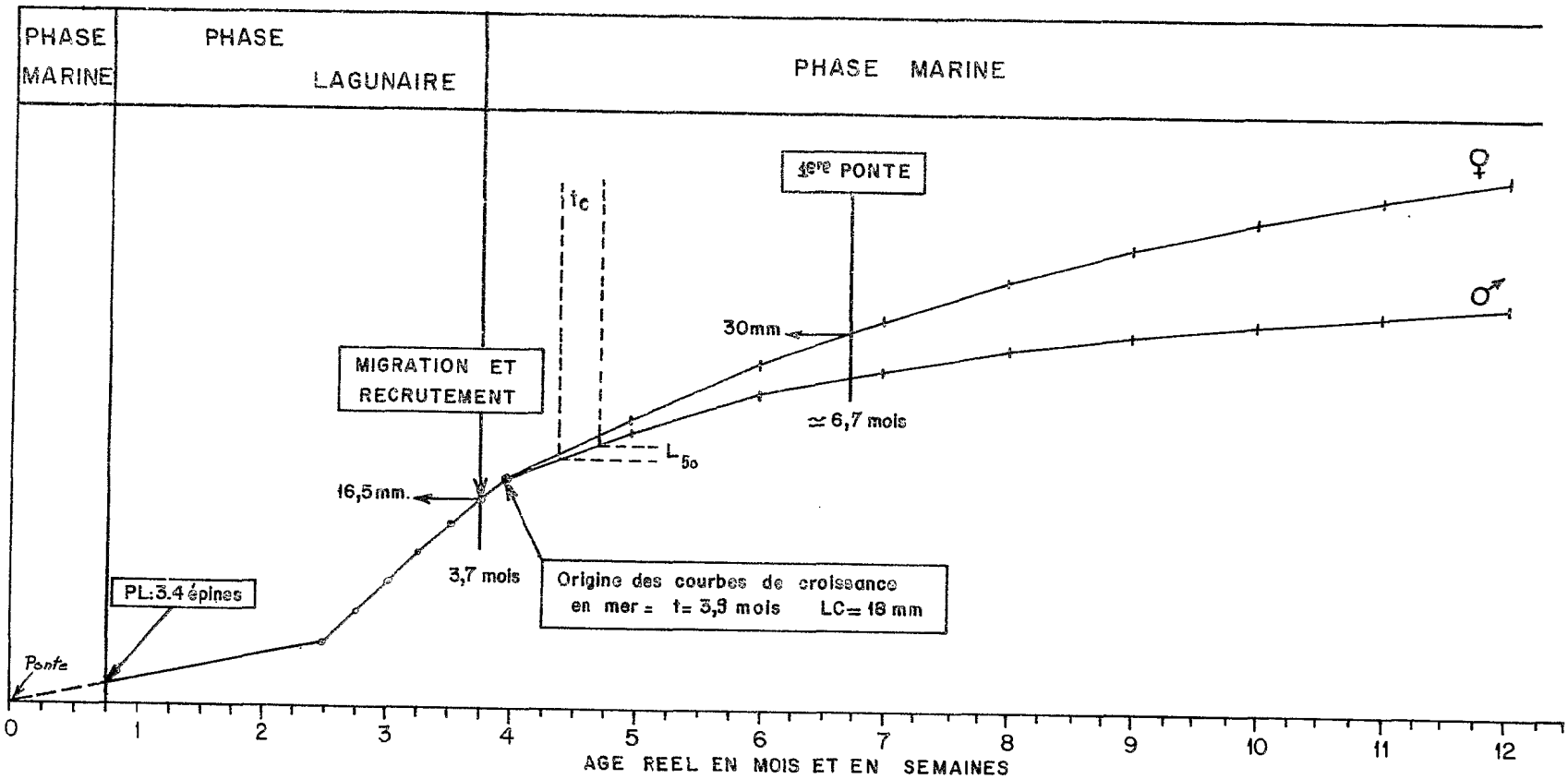


Fig. 84 : Reconstitution de la chronologie du cycle vital (tc = âge à la première capture)

CHAPITRE VI

ÉTUDE DESCRIPTIVE DE LA PÊCHE EN MER

1 - EVOLUTION DE LA PECHERIE

1.1.- Evolution de l'effort de pêche (Fig.86).

Jusqu'en 1968 la pêche n'était pratiquée qu'occasionnellement par des chalutiers classiques utilisant des chaluts ordinaires, à poisson, tandis que 5 chalutiers classiques de 150 à 240 CV la pratiquaient spécialement pendant la bonne saison (de juin à décembre), en utilisant des chaluts à poisson modifiés, probablement peu adaptés à cette pêche (TROADEC, 1968). L'absence de moyens de congélation efficace limitant leur rayon d'action, seul le fond de pêche de Grand-Bassam était alors exploité.

Une première série de campagnes de chalutage entreprises en 1966-1967 avec un chalut à poisson permirent à TROADEC (1968) de souligner l'importance des rendements obtenus sur le fond de pêche de Grand-Bassam, et la possibilité pour le stock de soutenir une pêche professionnelle. Dans campagnes de prospection effectuées par le chalutier de recherche "REINE POKOU" du Centre de Recherches Océanographiques d'Abidjan, nous ont permis de délimiter les fonds de pêche et de reconnaître l'existence d'une zone très riche entre Sassandra et Tabou (TROADEC, GARCIA et PETIT, 1969).

Dès janvier 1969 trois unités commençaient à pêcher régulièrement. Cette flotille était constituée au début de chalutiers de 150 à 250 CV classiques, équipés par la suite du gréement double largement utilisé dans le Golfe du Mexique, et permettant de tirer simultanément deux chaluts. Les premiers résultats de cette exploitation systématique ont fait l'objet d'une publication préliminaire (GARCIA et FONTENEAU, 1970).

A partir de la fin de 1969 et surtout pendant l'année 1970, la flotille se développa très rapidement, passant de 3 à 23 bateaux de juin 1969 à juin 1970. Dès la fin de 1969, cette flotille rayonnait autour d'Abidjan, pour aller exploiter les fonds de pêche voisins, de la Sierra Leone au Ghana tout d'abord puis, dès la fin de 1970, jusqu'au Nigéria. Après 1970, le nombre de bateaux basés à Abidjan diminua pour des raisons diverses : naufrages, départs définitifs vers le Sénégal ou le Dahomey, désarmement etc...)A la fin de 1975 seulement 6 unités de 380 CV, les plus modernes, restent en activité.

Les variations de l'effort nominal mensuel (en jours de pêche) ont été portées sur la figure 85. La courbe, très régulière passe par un maximum en fin 1970, puis décroît jusqu'en 1975. La très forte chute de l'effort au début de 1974 correspond à un arrêt momentané pour des raisons judiciaires, de 6 crevettiers.

1.2.- Evolution des débarquements (Fig.86).

Les quantités débarquées au port d'Abidjan depuis 1955 sont résumées dans le tableau ci-après.

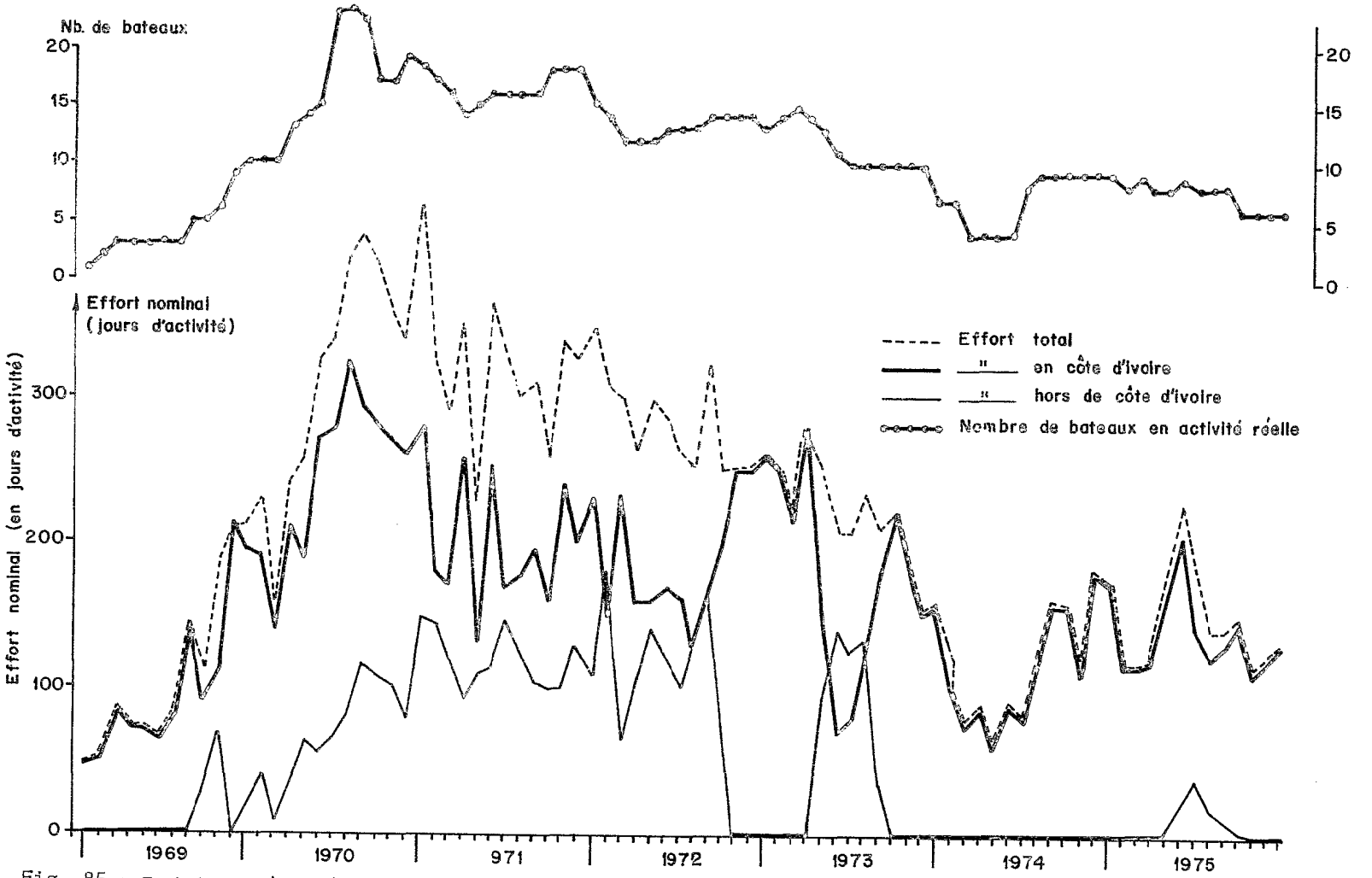


Fig. 85 - Evolution de l'activité de la flotille Ivoirienne de 1969 à 1975

Année	Tonnes	Année	Tonnes	Année	Tonnes
1955	15	1962	17	1969	487
1956	20	1963	?	1970	624
1957	23	1964	164	1971	705
1958	35	1965	147	1972	477
1959	91	1966	155	1973	457
1960	54	1967	171	1974	278
1961	19	1968	?	1975	387

Tableau I.- Captures réalisées en mer.

Si l'on estime que la production artisanale traditionnelle, qui n'existait qu'en lagune Aby, a produit 100 tonnes/an de 1955 à 1966, les tonnages totaux capturés par an depuis 1955 sont les suivants:

Année	Tonnes	Année	Tonnes	Année	Tonnes
1955	115	1962	117	1969	773
1956	120	1963	?	1970	929
1957	123	1964	264	1971	1326
1958	135	1965	247	1972	955
1959	191	1966	255	1973	974
1960	154	1967	486	1974	914
1961	119	1968	?	1975	1169

Tableau II.- Captures totales estimées (Mer + lagune).

2 - STATISTIQUES DISPONIBLES.

Nous distinguerons, suivant leur origine, les statistiques globales de débarquement, obtenues auprès des armateurs, les statistiques de pêche détaillées obtenues directement auprès des patrons de pêche, et les échantillonnages pour mensurations effectués par notre équipe sur les débarquements.

2.1.- Statistiques globales de débarquement.

Les renseignements sont recueillis auprès des armateurs, dont le niveau de collaboration a été extrêmement variable, entre 1969 et 1975. Ils concernent soit les quantités traitées mensuellement, soit les quantités débarquées par bateau.

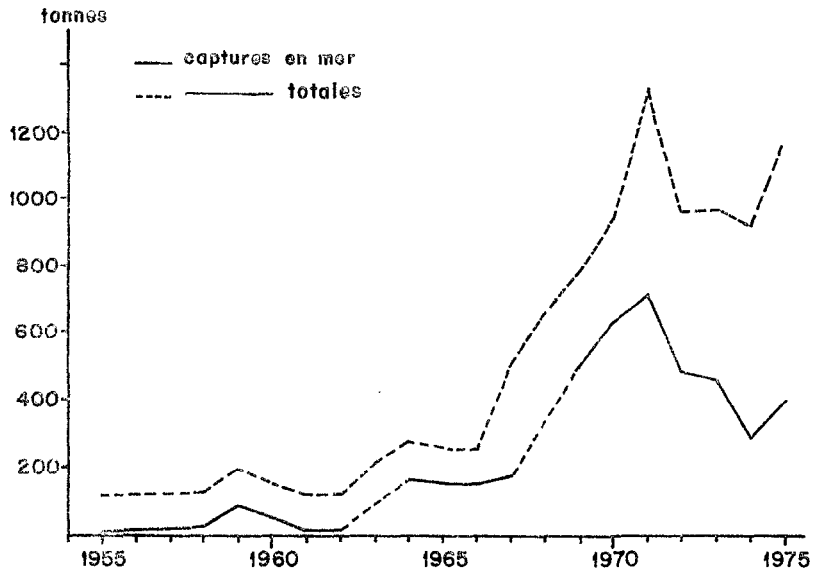


Fig.86 : Evolution des captures

Les quantités sont parfois ventilées par calibres. Deux types de calibration sont utilisées : d'une part les normes internationales (en Nombre/livre) et, d'autre part, des normes locales plus ou moins strictes et variables, dépendant beaucoup de la demande sur le marché. Après divers recoupements, ces statistiques sont utilisées pour estimer la prise totale annuelle ou les prises mensuelles dans les cas les plus favorables, avec ventilation par calibre quand les données recueillies le permettent.

2.2.- Statistiques de pêche détaillées.

Dès le début de la pêcherie nous avons cherché à vulgariser auprès des patrons instruits, l'utilisation d'un "cahier de pêche" imprimé par le Centre de Recherches Océanographiques. La partie originale du cahier reste à bord et constitue pour le patron un recueil de renseignements essentiels, le double de chaque page est repris par un enquêteur après chaque marée. La proportion de patrons remplissant ce cahier a varié de 30 à 90 % pendant la période d'observation.

Les renseignements notés pour chaque coup de chalut par le patron de pêche sur le cahier sont les suivants : lieu de pêche, date, heure de mise en pêche, heure de fin de pêche, profondeur, quantité capturée exprimée en kilos de crevettes étêtées ou entières, ainsi que des remarques eventuelles.

Ces données très précises, ont servi à comparer les différents bateaux entre eux pour obtenir leur puissance de pêche relative. Après standardisation de l'effort de pêche, exprimé en heures de trait, les rendements horaires moyens mensuels par zone et par profondeur ont été calculés et utilisés comme des indices d'abondance.

Notons que les poids indiqués par les patrons sont obtenus souvent de façon empirique. Les crevettes triées sont ramassées dans des paniers qui pèsent en moyenne 35 kg lorsqu'ils sont pleins. Cette valeur sert de base à l'estimation de la capture. Cette méthode peut sembler imprécise mais la comparaison des captures totales par marées, calculées à partir des cahiers de pêche et pesées par l'armement, montre que l'estimation faite à bord ne présente pas de biais systématique (fig.87).

2.3.- Echantillonnages pour mensurations.

A partir de 1973, nous avons pu commencer à échantillonner pour mensurations, les débarquements de crevettiers. Nous n'avons pu échantillonner que les captures de crevettiers conservant leurs crevettes entières dans la glace ; les prelèvements ont été effectués juste avant le passage à la trieuse. L'échantillonnage a consisté à prélever entre 5 et 10 kg de crevettes, en plusieurs fois et dans différentes caisses prises au hasard, entre le début et la fin du tri. La taille de l'échantillon dépendant donc de la longueur de la phase de tri et par conséquent du volume de la capture.

3 - STANDARDISATION DE L'EFFORT DE PECHE.

3.1.- Utilisation de la méthode de ROBSON (1966).

Les rendements pondéraux, ou prises par unité d'effort de la flotille

crevettière seront utilisés comme indices d'abondance. Cette utilisation des statistiques de pêche industrielle implique que l'effort ainsi défini ait une signification stable dans le temps. Les captures sont pourtant effectuées par des bateaux de puissance motrice diverse (120 à 500 CV), et la composition de la flotille a fortement varié au cours du temps. Il est donc nécessaire de définir une unité d'effort standardisé . GULLAND (1956) et BEVERTON et HOLT (1967) étudiant les stocks de la Mer du Nord ont mis en évidence la nécessité de définir pour les bateaux une puissance de pêche relative pour transformer l'effort nominal d'un bateau quelconque en un effort standardisé, rendant ainsi directement comparables les prises par unité d'effort standard de bateaux de différentes puissances.

Cette notion a été reprise et commentée plus récemment, LE GUEN (1972) et C.I.E.M. (1975).

Simplement, la puissance de pêche relative d'un chalutier quelconque, par comparaison avec un chalutier standard peut être considérée comme égale au rapport de leurs prises par unité d'effort respectives, lorsqu'ils pêchent en même temps dans la même zone. La meilleure méthode actuellement disponible pour calculer les puissance de pêche relatives des chalutiers est celle de ROBSON (1966). Son principe est relativement simple : si l'on connaît les prises et le temps de pêche de 3 bateaux A, B et C pêchant dans 3 zones I, II et III, suivant le schéma représenté dans le tableau ci-après,

Bateaux	Zones		
	I	II	III
A	A_1	A_2	—
B	B_1	B_2	B_3
C	—	—	C_3

et si l'on considère le bateau A dans la zone I comme standard, ROBSON démontre que la meilleure estimation de la puissance relative du bateau C est la suivante :

$$P_c = \frac{C_3}{B_3}\sqrt{\frac{B_1 \times B_2}{A_1 \times A_2}}$$

Pour obtenir une estimation statistique de ce paramètre, il propose d'utiliser une méthode de régression multilinéaire des moindres carrés impliquant de longs calculs. Actuellement, le programme rédigé par C. BERUDE du California Department of Fish and Game (compilé par ABRAMSON, 1971) permet une utilisation simple de la méthode °.

° Ce programme a été adapté pour nous par A. LAUREC, pour le rendre compatible avec les ordinateurs du Centre Océanologique de Bretagne.

Il s'agit donc de comparer tous les bateaux à un bateau type, qu'il faut choisir. Nous avons adopté le crevettier-glacier de 250 CV équipé de 2 chaluts de 18 mètres pour les raisons suivantes: Il est impérativement nécessaire que le type soit constant dans le temps, c'est à dire que son efficacité propre ne change pas, or dans une pêcherie qui s'installe sur un stock vierge, les causes d'évolution sont multiples. Les bateaux doivent connaître les lieux de pêche, apprendre à détecter les fortes abondances, adapter leurs engins etc... Nous avons choisi un chalutier de 250 CV parce que deux bateaux de ce type étaient présents en Côte d'Ivoire plusieurs années avant le démarrage de la pêcherie et pratiquaient déjà la pêche à la crevette depuis plusieurs années à la bonne saison. Ils étaient donc adaptés dès le début. D'autre part, ils sont restés présents dans la pêcherie jusqu'en 1975 où se termine notre étude, en nous fournissant plus régulièrement que tous les autres bateaux des statistiques détaillées.

Il existait deux bateaux de ce type, le CAP CANAILLE et le CAP SICIE. Le premier était équipé du gréement double floridien depuis le début, et commandé par un patron chevronné très familiarisé avec la région. En septembre 1971, ce patron passait sur le CAP SICIE, qu'il équipait également du gréement double. L'examen des rendements respectifs de ces deux bateaux montre que ce changement de patron s'est traduit par une perte d'efficacité pour le premier bateau et une amélioration nette pour le second. Nous avons donc choisi comme type le CAP CANAILLE pour la période allant de juin 1969 à août 1971, et le CAP SICIE pour la période de septembre 1971 à décembre 1975. Nous avons d'abord calculé pour chaque mois les rendements horaires obtenus par bateau et par zone de pêche.

Pour l'application de la méthode de ROBSON, seuls les rendements obtenus sur les divers fonds de pêche de Côte d'Ivoire ont été utilisés car ils sont suffisamment restreints pour que l'abondance puisse y être considérée comme uniforme. Ceci n'est pas le cas pour les pêches effectuées hors de Côte d'Ivoire qui ont été enregistrées sur des zones géographiques très larges (Nigéria, Sierra Leone etc..) donc plus hétérogènes.

Les différents bateaux ont été traités en conservant leur individualité. On obtient donc pour chaque bateau une ou deux estimations de sa puissance relative (suivant qu'il est présent ou pas dans les deux périodes) avec les intervalles de confiance correspondants (95 %).

Les résultats ont été portés sur la figure 88.

La relation entre les valeurs moyennes de la puissance de pêche relative (P_r) et la puissance motrice (P_m) est toujours significative au seuil de 1 %. Cette relation a seulement été calculée à titre indicatif. Dans les calculs ultérieurs nous avons toujours conservé pour chaque bateau sa puissance de pêche relative observée et non pas la puissance théorique calculée. La relation a pourtant été utilisée pour calculer la puissance relative de certains bateaux trop isolés dans le temps et l'espace pour que la méthode de ROBSON soit correctement appliquée.

3.2.- Standardisation des SICRUS.

Ces six crevettiers congélateurs modernes, de 380 CV dirigés par des patrons grecs ou panaméens, pêchent suivant une tactique différente de celle des

autres et ne peuvent pas leur être comparés de façon simple. Alors que le reste de la flotille pêche en général pendant la journée, ces bateaux sélectionnent et n'exploitent que la partie de la journée où les rendements, qui subissent des variations nycthémérales importantes (GARCIA, 1973), leur semblent suffisamment élevés. Le reste du temps ils procèdent au conditionnement des prises, ou pêchent le poisson. Quand les rendements les plus élevés sont obtenus dans la journée, leur pêche débute vers 6 heures du matin et se poursuit jusque vers 19 heures. Lorsque les rendements faiblissent, la pêche cesse, mais l'heure à laquelle elle cesse varie suivant les bateaux et suivant la saison. Il s'ensuit que le rendement horaire moyen d'une journée dépend du nombre d'heures de pêche. Il est maximum pour une pêche très sélective (moins de 10 heures de trait/jour) et minimum pour une pêche de type classique (environ 16 heures/jour). La puissance de pêche relative, lorsque l'effort est exprimé en heure, dépend de la durée de la pêche.

Nous avons calculé, pour illustrer ce phénomène, le temps de pêche journalier moyen (en heures de trait) pour chaque mois, des crevettiers classiques d'une part, et des SICRUS d'autre part, de 1969 à 1975 et nous en avons tracé les courbes de distributions de fréquences sur la figure 89. Pour les crevettiers classiques, le mode est à 15-16 heures. Pour les SICRUS la courbe est complexe et nous l'avons décomposée en 3 groupes, correspondants à différentes tactiques de pêche, par l'examen des cahiers de pêche :

"Pêche de jour" : le crevettier effectue 4 traits de chalut par jour en moyenne et stoppe au crépuscule. La pêche est stoppée toute la nuit : le mode est à 11 heures.

"Pêche mixte" : le patron change de tactique d'un jour sur l'autre ou pêche un peu au delà du crépuscule. La pêche est stoppée une partie de la nuit : le mode est à 13 heures.

"Pêche normale" : sans arrêt pendant la nuit : le mode est à 15 heures.

Cette séparation est un peu arbitraire mais elle correspond bien au comportement du bateau. Elle permet d'autre part de montrer qu'il existe en gros pour les SICRUS deux types de tactiques : une tactique normale, où la pêche dure toute la journée et une tactique sélective. Dans le premier cas le bateau doit avoir une puissance de pêche relative correspondant à sa puissance motrice, dans le second, elle est théoriquement fortement augmentée (si l'effort est exprimé en heures de trait).

Pour mettre ceci en évidence, nous avons comparé les rendements horaires moyens mensuels obtenus par les SICRUS et par les bateaux types dans les mêmes zones de 1969 à 1975. Les puissances relatives obtenues ont été regroupées en fonction du nombre d'heures de pêche/jour des SICRUS (moyenne mensuelle). L'évolution de la puissance de pêche relative moyenne en fonction du temps de pêche a été portée sur la figure 90 . Elle décroît de façon approximativement linéaire de 1,85 à 1,25.

Pour des raisons de facilité de traitement sur ordinateur, les valeurs ont été regroupées pour des temps de pêche respectivement inférieurs et supérieurs à 12 heures. Les valeurs moyennes correspondantes sont 1,7 et 1,3. Dans le calcul des rendements le sous-programme de standardisation de l'effort de pêche utilisera l'un ou l'autre de ces deux facteurs correctifs suivant la tactique utilisée par le bateau.

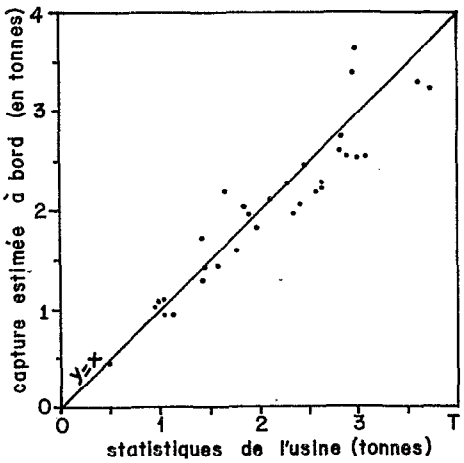


Fig.87: Relation entre la prise éstimée à bord et les quantités traitées à l'usine.(crevettes étêtées)

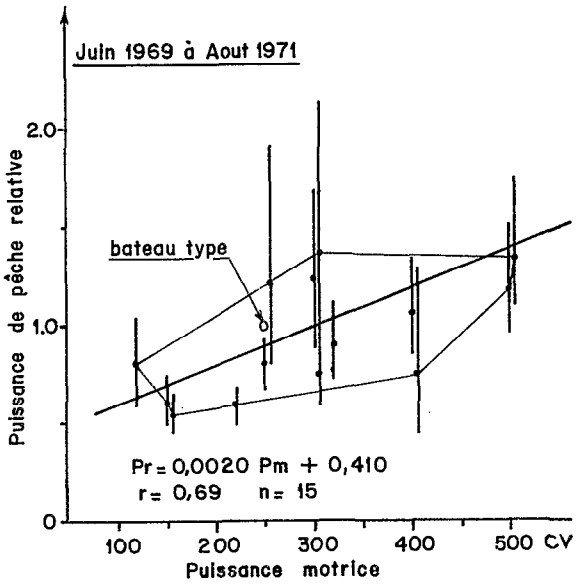


Fig. 88A

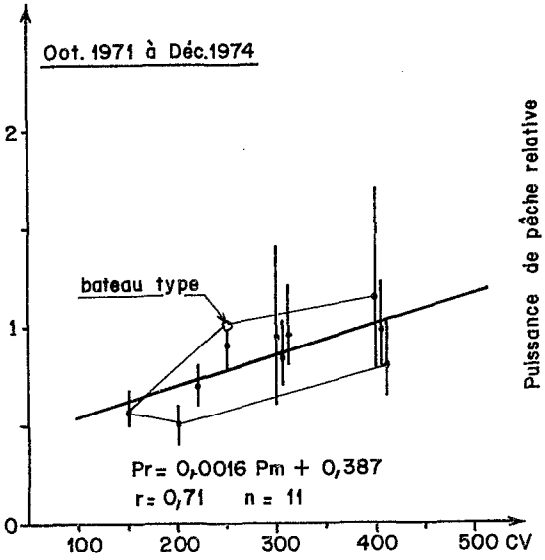


Fig.88B

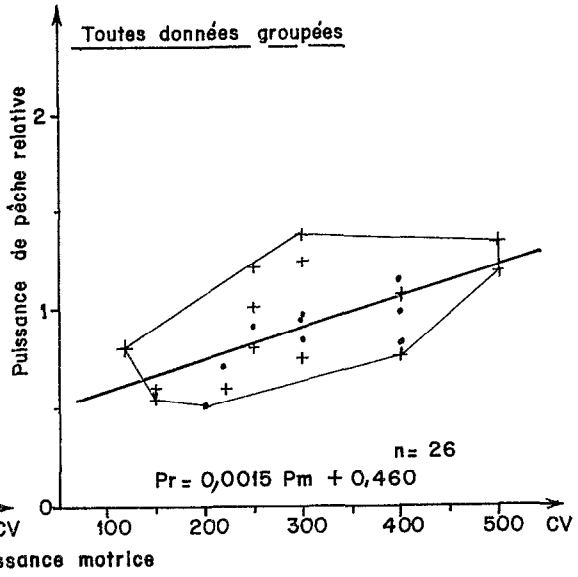


Fig.88C

Fig.88: Relation entre la puissance motrice et la puissance de pêche relative.

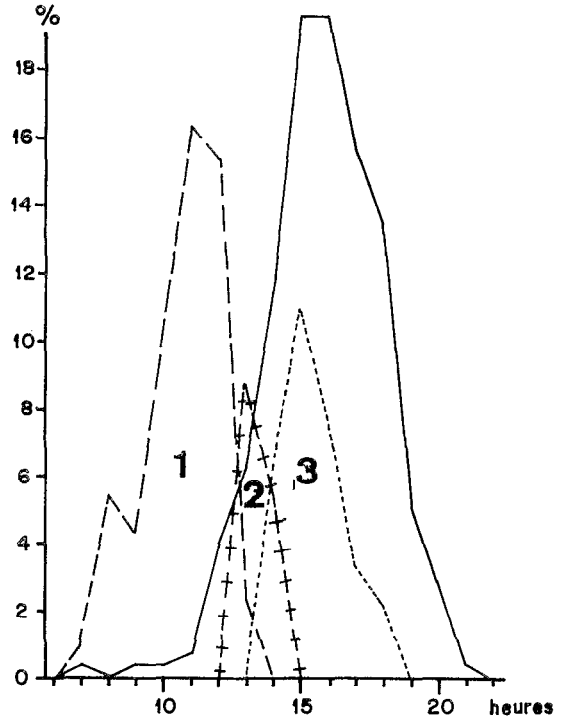


Fig.89 :Distributions de frequences des temps de pêche journaliers moyens mensuels(flottille classique en traits pleins, SICRUS en tirets)

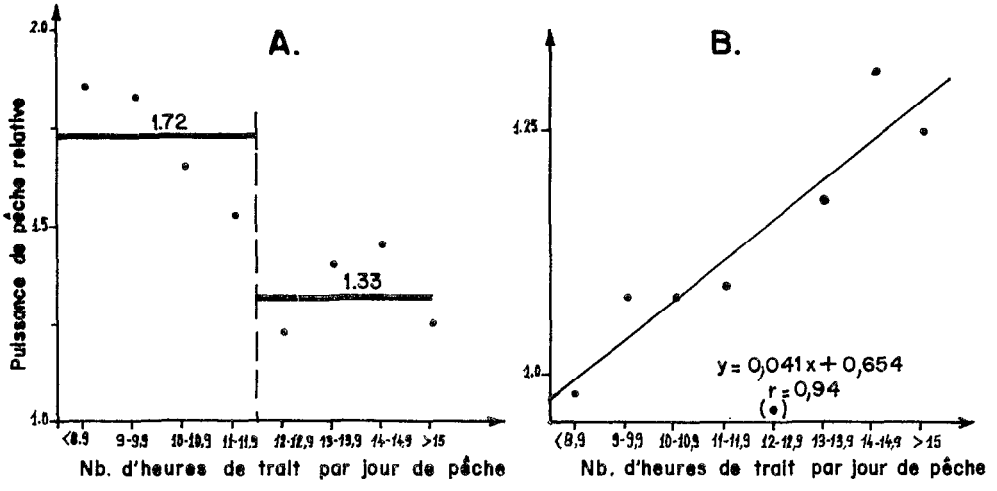


Fig. 90 - Variations de la puissance de pêche relative des SICRUS en fonction du temps de pêche journalier moyen.
A. Quand l'effort est exprimé en heures de trait
B. Quand l'effort est exprimé en jours de pêche

Notons que le problème est un peu différent si l'effort est exprimé en jours de pêche. Pour les crevettiers ordinaires on peut considérer que les facteurs correctifs ne changeront pas car le nombre d'heures de pêche par jour varie peu d'un bateau à l'autre et de façon aléatoire.

En revanche, pour les SICRUS, le facteur correctif dépend là encore du temps de pêche journalier moyen. La relation a été tracée sur la figure 90-B.

4 - ANALYSE DES VARIATIONS DE RENDEMENTS.

Nous disposons pour cette analyse de 3 types de données : les débarquements de la flotille de chalutiers (dont les crevettes ne représentaient qu'une prise accessoire) de 1955 à 1967, les campagnes expérimentales effectuées en 1966-67, par TROADEC (1968) avant le démarrage de la pêcherie crevettière, en 1969-70 par l'auteur au moment de ce démarrage, et enfin les statistiques de pêche de la flotille crevettière de 1969 à 1975.

4.1.- Débarquements des chalutiers de 1955 à 1967 (fig.91).

De 1955 à 1962 les captures relevées dans les statistiques de la Direction des Pêches Maritimes et Lagunaires, sont réalisées par des chalutiers qui ne recherchent pas les crevettes mais en capturent dans leurs opérations de pêche habituelles. Les prises mensuelles s'échelonnent entre 2 et 4 tonnes. On peut vraisemblablement admettre que l'effort appliqué d'un mois à l'autre est constant et que les variations de la prise reflètent des variations d'abondance. Celle-ci est donc maximum de mai à octobre.

De 1964 à 1967, 5 chalutiers de 150 à 240 CV pêchent la crevette plus spécialement avec des chaluts à poisson modifiés, et surtout pendant les bonnes saisons (TROADEC, 1968). Les captures mensuelles plus importantes se situent entre 5 et 22 tonnes. Il est vraisemblable qu'un effort plus important a été appliqué pendant les périodes de forte abondance et que la courbe des prises accentue les variations saisonnières d'abondance. Le maximum est observé de juillet à octobre.

4.2.- Les campagnes expérimentales.

De mars 1966 à février 1967 une radiale perpendiculaire à la côte située à la longitude de 3°49W a été prospectée toutes les trois semaines. 7 traits de chalut d'une heure ont été, à chaque fois, effectués dans la zone bathymétrique qui nous intéresse soit : 20, 25, 30, 35, 40, 50 et 60 mètres (TROADEC, 1968). De janvier 1969 à février 1970 la même radiale a été visitée toutes les 4 semaines. Les traits de chalut ont été effectués aux profondeurs suivantes : 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 et 60 mètres.

Le rendement horaire moyen de chaque campagne a été calculé en faisant la moyenne des rendements obtenus aux différentes profondeurs, pondérés par un facteur proportionnel à l'écartement entre les stations (mesuré sur le fond). Les courbes ont été portées sur la figure 92. Notons que les rendements obtenus au cours des deux campagnes ne sont pas comparables. Les premiers ont été réalisés avec un chalut à poissons de 24 m à mailles de 40 mm et les seconds avec un chalut à crevettes de 11 m à mailles de 28 mm (étirées).

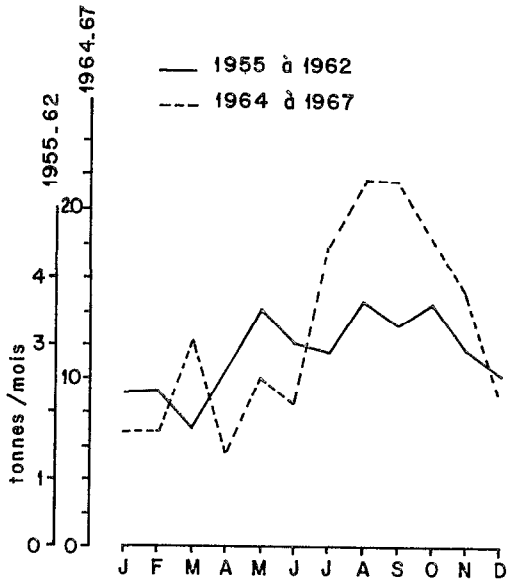


Fig.91 Captures moyennes mensuelles des chalutiers (crevettes entières)

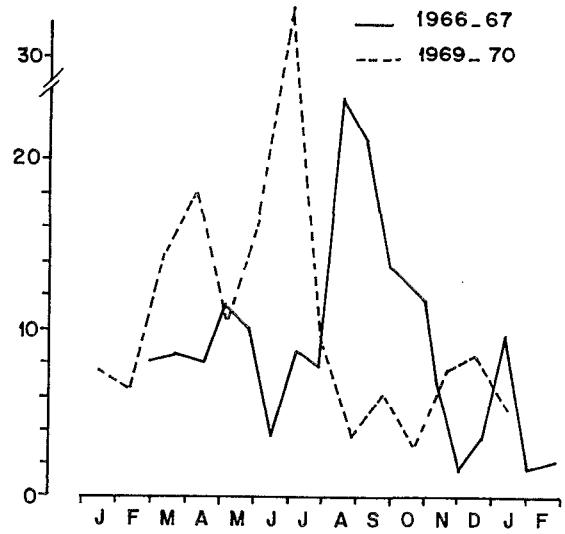


Fig.92 Rendements moyens obtenus sur la radiale de GRAND-BASSAM (crevettes entières)

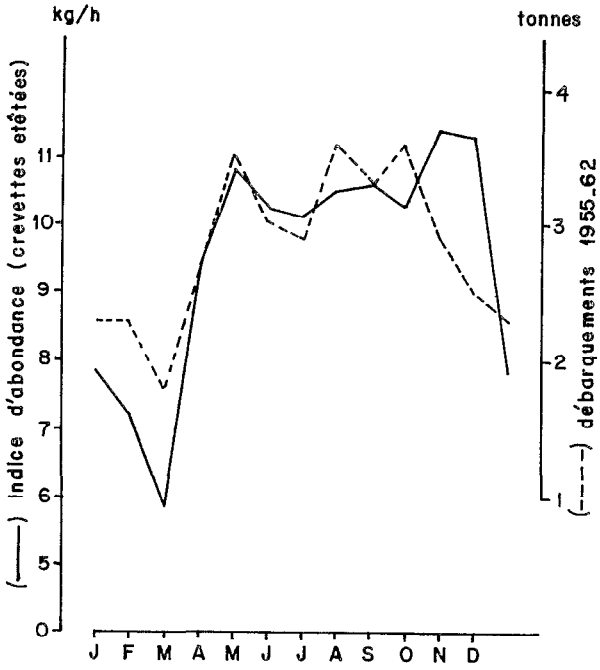


Fig. 93 Variations saisonnières moyennes de l'indice d'abondance (toutes zones) en côte d'Ivoire de 1971 à 1974 et débarquements moyens mensuels 1955_62

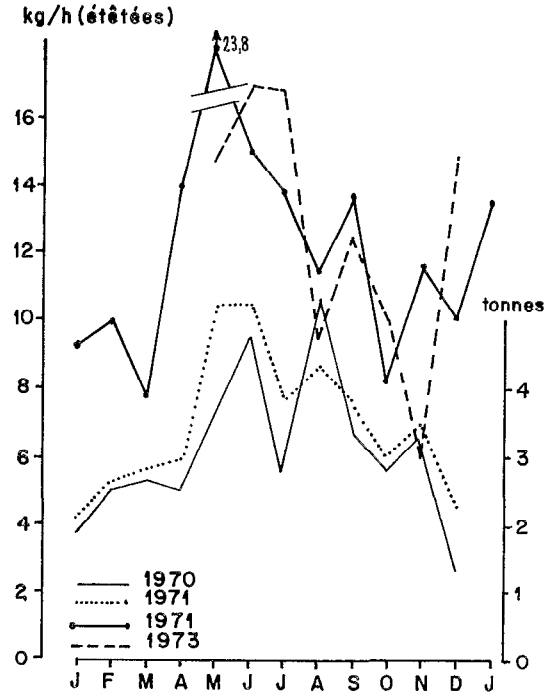


Fig.94 Variations saisonnières des rendements exprimés en kg/h (données pers.) ou en tonnes/bateau (données BAYAGBONA comm. pers.) au NIGERIA

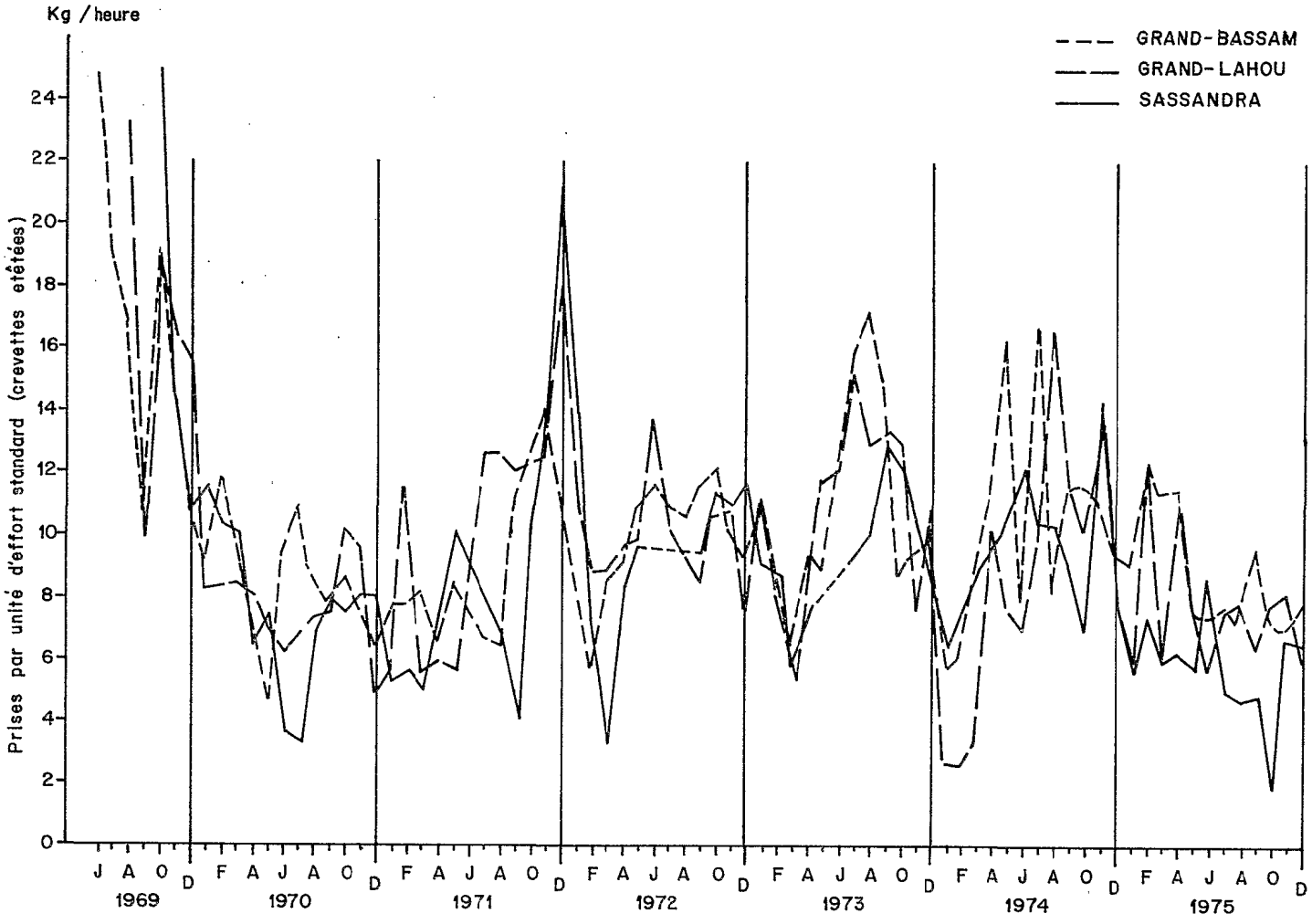


FIG.95 Evolution de la prise par unité d'effort standard mensuelle dans les principaux fonds de pêche.

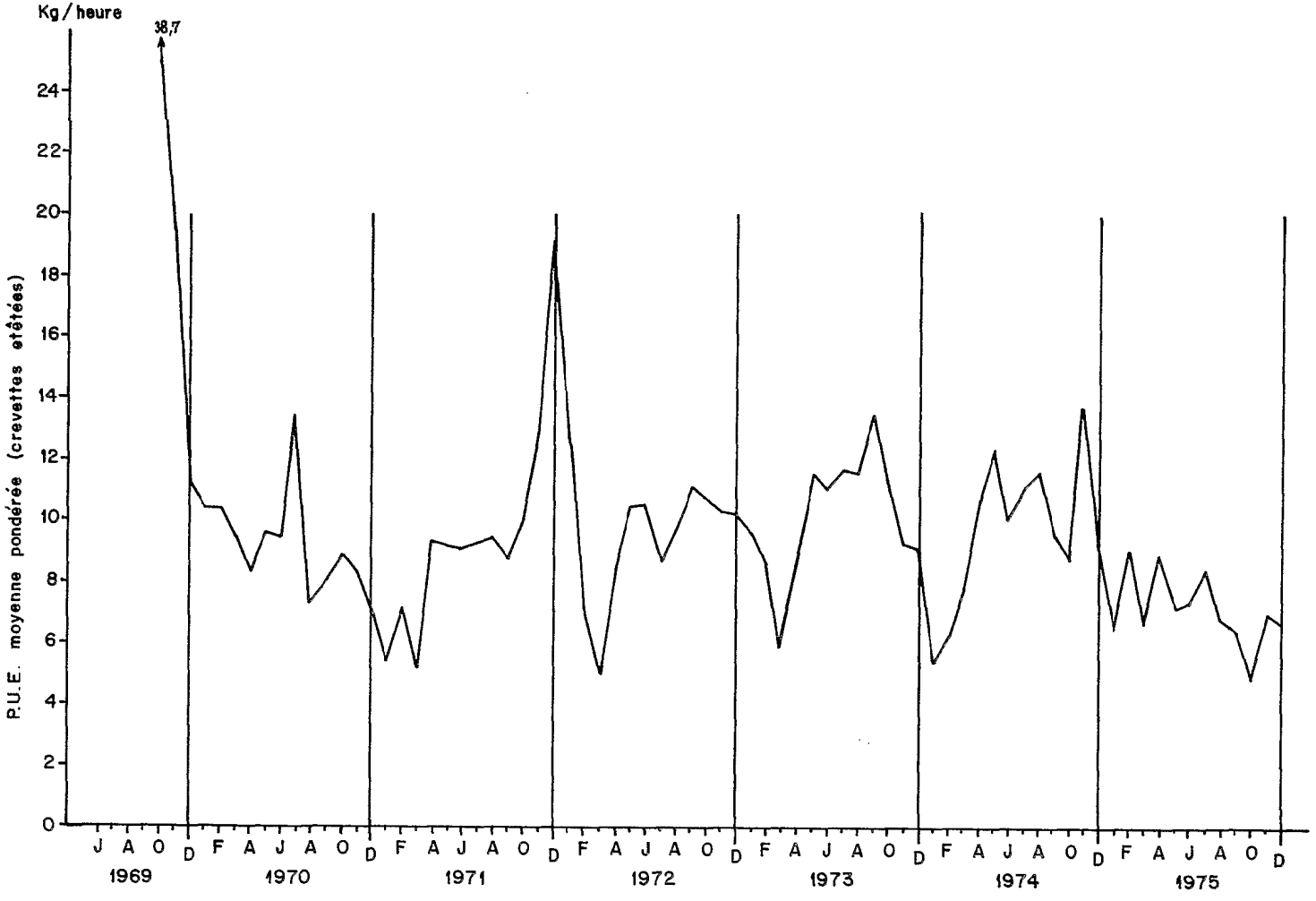


FIG. 96 Variation de l'indice d'abondance moyen pour l'ensemble du plateau continental Ivoirien.

En 1966-67, la courbe obtenue est très proche de celle que nous avons calculée pour les chalutiers de 1964 à 1967 (fig.91). Les rendements sont maximums en saison froide, en août-septembre.

En 1969-70, le schéma obtenu est très différent. Après avoir augmenté jusqu'au début de juillet les rendements se sont effondrés jusqu'en décembre. On doit considérer ce schéma comme anormal et son interprétation est difficile. L'année 1969 correspond, en effet, à une période de transition importante pour la pêcherie : c'est la période d'accroissement maximum de l'effort de pêche en mer comme en lagune, et elle fait suite à une année 1968 hydrologiquement et climatologiquement anormale, où le recrutement semble avoir été plus faible que la normale si l'on en juge par les rendements de la pêche artisanale à la coopérative de Grand-Lahou (chapitre V). Ces deux éléments peuvent avoir concouru à raccourcir de 3 mois la saison de pêche.

4.3.- Rendements de la flotille crevettière.

Les prises par unité d'effort exprimées en kg/heure (crevettes étêtées) ont été calculées pour 3 zones de pêche distinctes : Grand-Bassam, Grand-Lahou et Sassandra-Tabou (voir localisation figure 1). Les courbes obtenues ont été superposées sur la figure 95 . Notons tout d'abord que l'on observe également à Grand-Bassam une forte diminution des rendements dès juin 1969, confirmant les résultats de la campagne 1969-70. D'autre part, les trois courbes suivent une évolution très semblable de 1969 à 1975 et nous avons donc calculé un indice d'abondance global pour le plateau ivoirien en faisant la moyenne des valeurs obtenues pour les trois zones, pondérée par la surface de chaque zone (fig.96). Cette courbe confirme que le schéma d'évolution saisonnière des rendements est estompé, pendant la période 69-70 où l'effort a subi les variations les plus fortes (voir fig.85). Cela signifie que la baisse générale des rendements, prévisible au moment du démarrage de l'exploitation, a été suffisamment forte pour masquer les variations saisonnières.

A partir de 1971 on peut considérer que, malgré des variations d'un mois à l'autre parfois importantes, l'effort ne décroît plus que très lentement jusqu'en décembre 1975. Les variations saisonnières réapparaissent alors nettement, surtout de 1971 à 1974. La courbe passe par un minimum très aigu entre janvier et mars. A partir de mai les rendements sont élevés et ils décroissent dès novembre-décembre. Les rendements des années 1971 à 1974 ont été utilisés pour calculer une courbe annuelle moyenne (fig.93). La similitude avec la courbe des débarquements mensuels de 1955 à 62 est frappante et souligne la validité du schéma annuel moyen ainsi défini.

4.4.- Conclusions.

La courbe annuelle des rendements passe par un minimum aigu en mars et par un pallier d'abondance élevée qui commence en mai et se termine entre octobre et décembre. Nous ne chercherons pas à déceler d'éventuelles relations entre ces variations et les conditions hydrologiques parce que la pêche, portant surtout sur une seule classe annuelle, il est vraisemblable que la plus grande part des variations annuelles est due aux variations de la biomasse.

On peut comparer ce schéma annuel avec celui du Nigéria (fig.94) pour lequel nous disposons des rendements de la flotille ivoirienne en 1971 et 1972 et

ceux de la flotille nigérianne (BAYAGBONA, comm. pers.) qui sont exprimés en tonnes par bâteau. Les deux courbes de rendement correspondant à ces deux secteurs, sont semblables jusqu'en mai-juin, mais au Nigéria les rendements commencent à décroître dès juillet. La saison de pêche commencerait donc pratiquement en même temps mais se terminerait plus tôt.

CHAPITRE VII

ESTIMATION DES PARAMÈTRES BIOLOGIQUES

1 - ESTIMATION DES PARAMETRES DE CROISSANCE PAR LA METHODE DE PETERSEN.

1.1.- Récolte et traitement des données.

Nous résumons ici ce qui a été exposé en détail par GARCIA et al. (1970). De mars 1966 à février 1967 une radiale perpendiculaire à la côte située sur le fond de pêche de Grand-Bassam par 3°49'W a été prospectée systématiquement toutes les trois semaines à 8 immersions comprises entre 15 et 60 mètres. Les crevettes pêchées ont été mesurées de la pointe du rostre à l'extrémité des uropodes (longueur totale LT) au demi-centimètre par défaut. De janvier 1969 à février 1970, la même radiale a été prospectée tous les mois, à 8 immersions comprises entre 25 et 60 mètres. Les crevettes ont été mesurées du creux orbitaire à l'extrémité dorsale du céphalothorax (longueur céphalothoracique LC) au millimètre par défaut.

Les échantillons mesurés ont été pondérés pour obtenir des distributions de fréquence des tailles correspondant à chaque immersion. Ces distributions ont ensuite été regroupées, affectées d'un coefficient de pondération proportionnel à l'écartement entre les stations pour obtenir une distribution globale. Cette dernière a été lissée par moyennes mobiles sur trois valeurs avant décomposition.

1.1.1.- Description de la méthode des maximums successifs.

Les méthodes de décomposition des courbes polymodales de fréquence sont nombreuses : il existe celle de CASSIE (1954), celle de TANAKA (1962) et celle, plus récente, de GHENO et LE GUEN (1968) reprise par DAGET et LE GUEN (1975). Les deux premières méthodes supposent que les distributions sont normales et utilisent cette propriété pour la décomposition. La dernière méthode est plus simple. Elle ne nécessite pas d'hypothèse sur la normalité des distributions. Elle suppose que, dans un groupe d'individus de même âge, la distribution des tailles est symétrique par rapport à la moyenne.

On détermine le premier maximum M1 de la courbe de fréquence (fig.97 On considère la demi-distribution A1 située à gauche de M1 et on retranche de la distribution polymodale située à droite une demi-distribution A'1 = A1. On obtient alors une distribution symétrique de mode M1 et un résidu B1. Si celui-ci est unimodal la décomposition est terminée, si il est polymodal on répète l'opération. On obtient ainsi une série de distributions symétriques de valeurs modales connues.

1.1.2.- Avantages et inconvénients de la méthode.

Son utilisation pose en principe moins de problèmes que les deux autres. Dans notre cas particulier, elle est la seule qui ait fourni des résultats exploitables. Ceci découle du fait qu'elle ne suppose pas normales des distributions qui ne le sont pas. L'hypothèse de symétrie est probablement plus généralisable que l'hypothèse de normalité et elle a l'avantage de la simplicité d'emploi. Elle permet, en particulier, de conserver intactes des distributions en dômes issues du regroupement

de cohortes rapprochées, que la méthode de TANAKA aurait décomposées en une série de modes biologiquement peu justifiés. Le nombre total de modes obtenus pour chaque distribution polymodale est donc plus réduit avec la méthode que nous avons choisie et les filiations sont plus faciles à obtenir. La décomposition peut commencer par le dernier mode, si celui-ci est plus net que le premier.

Le principal inconvénient de la méthode, qui est également celui de toutes les méthodes de décomposition dès que les modes sont un peu trop rapprochés, est qu'elle devient nécessairement subjective. Lorsque les deux premiers modes sont un peu trop rapprochés, par exemple, la position du premier doit être estimée par l'opérateur. En outre, toute dissymétrie éventuelle de la première classe décomposée influencera toutes les distributions suivantes.

Toutes les décompositions ont été effectuées par deux personnes indépendamment. Les résultats ont été similaires dans 95 % des cas environ. Ceci n'est d'ailleurs pas une preuve de la fiabilité de la méthode de décomposition, mais indique plutôt qu'en appliquant rigoureusement le processus il n'y a en général pas plusieurs solutions fondamentalement différentes possibles. Les quelques différences d'interprétation que l'on a observées n'influent pratiquement pas sur le résultat final. En conclusion, nous considérons que si cette méthode n'est pas aussi rigoureuse que les autres, elle représente cependant un artifice graphique précieux permettant d'obtenir une évaluation approchée des effectifs de chaque classe. Rappelons cependant que, pour plus de sûreté, cette méthode, comme les autres, doit toujours être appliquée séparément par deux opérateurs.

Les distributions de fréquence des femelles sont plus étendues que celles des mâles et les modes y sont moins emboîtés, donc plus facilement décomposables. Les distributions de fréquence des mâles ayant été jugées indécomposables avec un minimum de sécurité, la courbe de croissance correspondante sera calculée par une autre méthode.

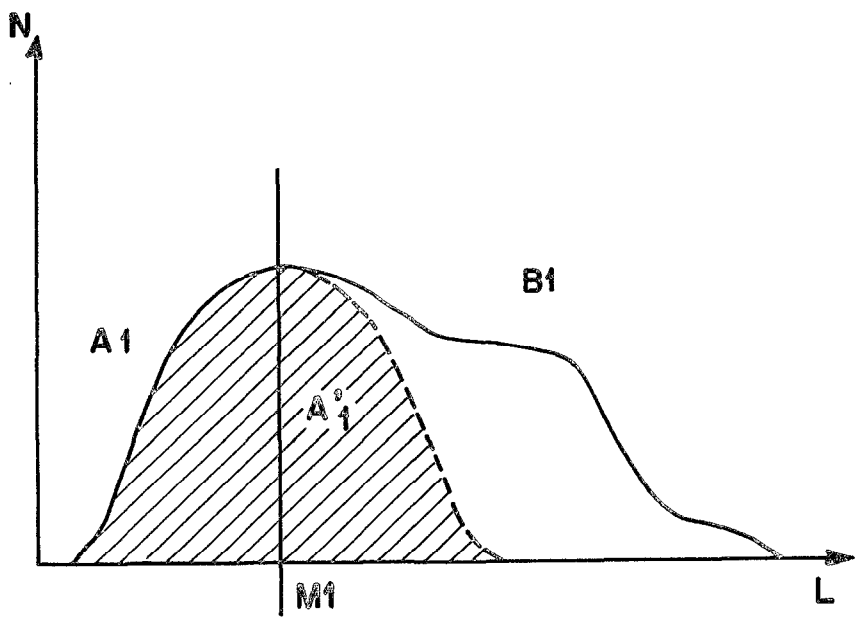


Fig. 97 - Principe de décomposition d'une distribution polymodale en distributions unimodales successives (d'après GHENO et LEGUEN 1968)

1.2.- Etude de la croissance des femelles.

Les décompositions interprétables ont été regroupées sur la figure 98.L'idée générale pour établir la filiation est la suivante : les distributions globales de fréquence pour 1969-70 sont constituées au départ (P1) par un petit nombre de recrues et une majorité d'adultes d'âge indéterminé. En P2 et P4 les nouvelles recrues dominent. A partir de P6 le recrutement 1969 est pratiquement terminé et le mode principal se décale régulièrement vers la droite jusqu'en P14 où apparaissent les nouvelles recrues 1970. Une filiation logique devrait donc conduire en diagonale les juvéniles recrutés en 1969 jusqu'au groupe des adultes en un an. C'est le résultat que nous avions obtenu dans notre premier travail (GARCIA et al., 1970). Il était évident que nous retrouverions dans l'ensemble les mêmes filiations après décomposition ; aussi, le but recherché dans cette nouvelle étude n'était-il pas tellement de vérifier les résultats obtenus par la première étude que de calculer des intervalles de confiance pour les paramètres. En effet, les calculs ont été effectués en utilisant non seulement, pour un âge donné, la valeur modale mais l'ensemble des longueurs constituant la distribution unimodale obtenue par décomposition. La méthode de TOMLINSON et ABRAMSON (1961) et le programme CIAT D05 rédigé par C.T. PSAROPOULOS ° permettent d'effectuer les calculs. Les sorties d'ordinateur sont reproduites en annexe. Les résultats sont les suivants :

Femelles		Présente étude	GARCIA et al. (1970)
1966-67	K	0,17 ± 0,03	0,19
	LT ∞	21,7 cm ± 1,0	21,5 cm
	t'o	-3,1 mois ± 0,7	-3,1 mois
1969-70	K	0,16 ± 0,03	0,17
	LC ∞	51,6 mm ± 3,4	48,9 mm
	t'o	-2,7 mois ± 0,5	-2,7 mois

Les longueurs sont exprimées en centimètres ou en millimètres, suivant que les mesures ont été faites en longueur totale (LT) ou en longueur céphalothoracique (LC), l'âge est exprimé en mois. L'âge 0 correspond arbitrairement à l'apparition du premier mode en mer dans les captures ; c'est donc un âge relatif.

Les valeurs de t'_0 ne sont pas directement comparables car dans notre première etude nous avions choisi l'_0 = 20 mm(LC) alors que dans le présent travail nous avons pris l'_0 = 18 mm. Il y a donc un décalage de l'ordre de 0,5 mois entre les deux echelles des temps. Les estimations comparables sont:-3,1±0,7 et -2,6 ainsi que -2,7±0,5 et-2,2 : ces valeurs sont cohérentes.

L'âge réel des crevettes de 18 mm est en moyenne de 3,9 mois (chapitre V, § 7). Il faut donc ajouter cette valeur à l'âge relatif pour obtenir l'âge réel.

Les résultats donnés par la méthode de TOMLINSON et ABRAMSON pour les données 1966-67 et 1969-70 ne sont pas comparables entre eux, car ils ne sont pas exprimés dns le même système de mesures. Les premiers sont en longueurs totales, les

°IATTC- La Jolla, Californie- U.S.A.

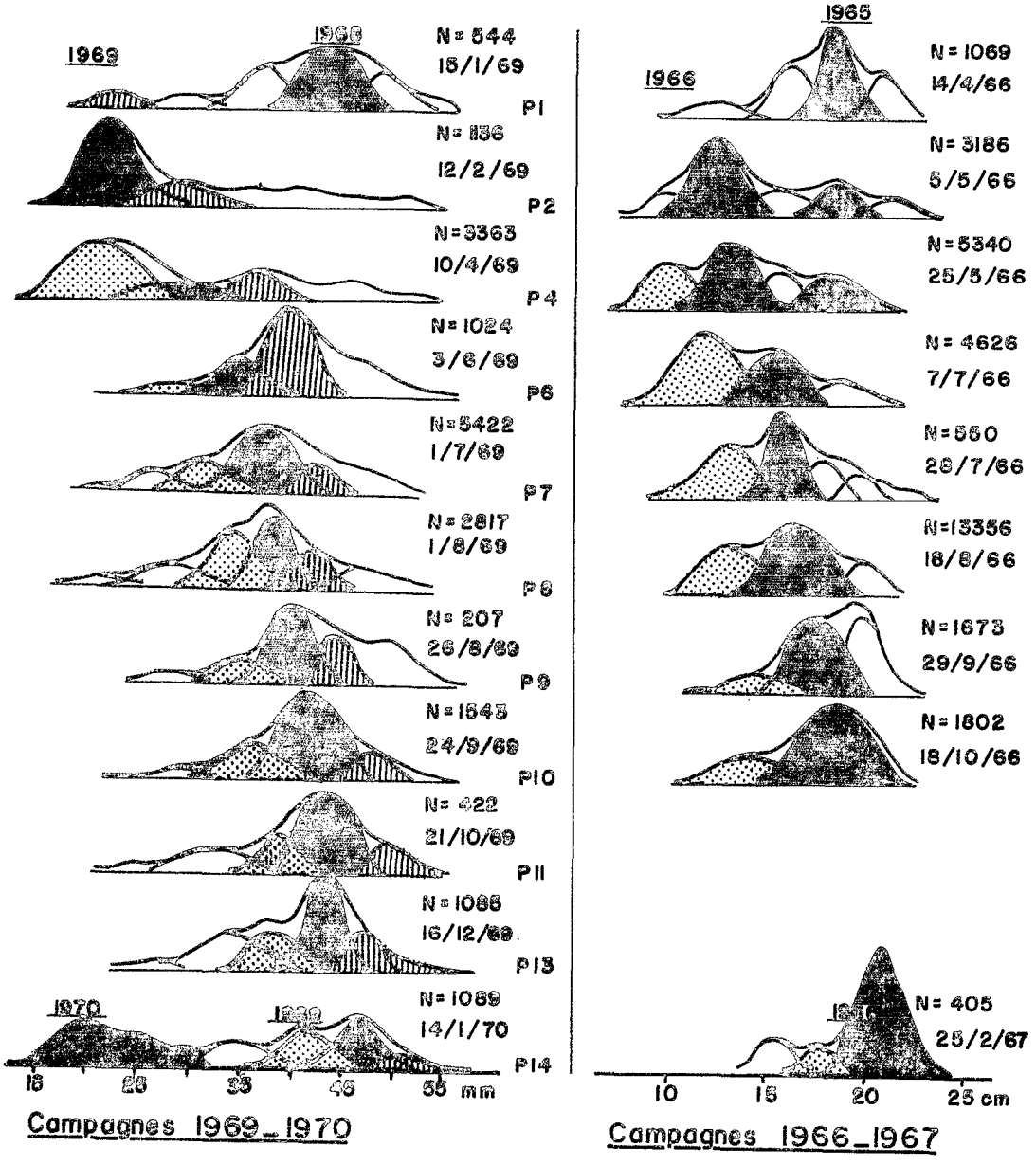


Fig. 98 - *Décompositions et filiations modales.*
(Les distributions illisibles ou celles dont l'effectif était inférieur à 200 ont été volontairement omises). Les distributions matérialisées par une trame ont été utilisées pour le calcul.

seconds sont en longueurs céphalothoraciques. On peut cependant transformer la clé âge relatif/LT obtenue pour 1966-67 en une clé âge relatif/LC en utilisant la relation LT-LC donnée par GARCIA (1970). Nous donnerons dans le même tableau les clés âge relatif/poids calculées. Les résultats ne sont pas différents.

	1966-67			1969-70	
Age relatif (mois)	LT (cm)	Conversion en LC (mm)	Poids (g)	LC (mm)	Poids (g)
0	8,9	18,5	6,0	18,1	5,7
1	10,9	22,2	9,6	23,1	10,5
2	12,6	25,5	13,7	27,4	16,2
3	14,0	28,8	18,7	31,0	22,4
4	15,2	31,9	24,3	34,1	28,4
5	16,2	34,7	30,2	36,7	34,3
6	17,1	37,4	36,6	38,9	40,2
7	17,8	39,6	42,3	40,8	45,4
8	18,4	41,6	48,0	42,4	50,1
9	18,9	43,1	52,6	43,8	54,5
10	19,4	44,8	58,0	44,9	58,0
11	19,7	45,6	60,7	45,9	61,4
12	20,0	46,5	63,9	46,8	64,6
13	20,3	47,4	67,0	47,5	67,1
14	20,5	48,0	69,3	48,1	69,6
15	20,7	48,5	71,1	48,7	71,9
16	20,9	49,3	74,2	49,1	73,4

Les courbes théoriques correspondantes sont tracées sur la figure 101

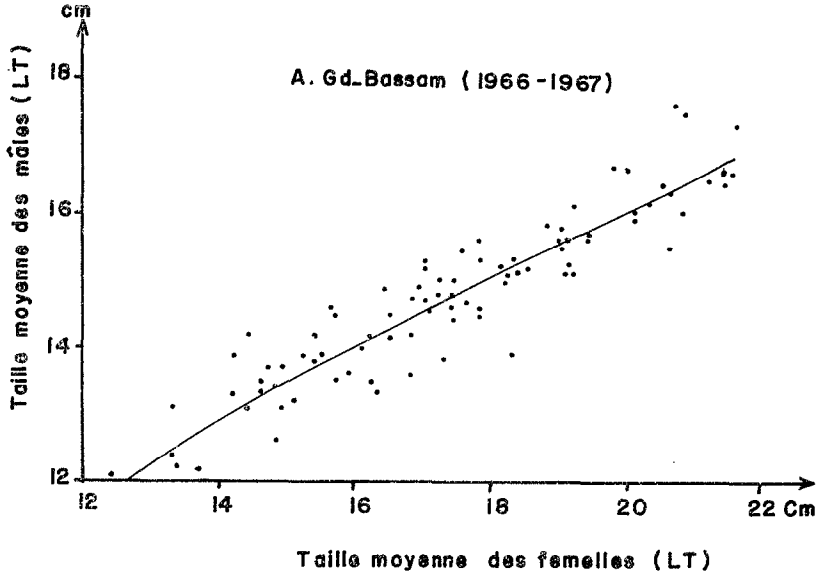
1.3.- Etude de la croissance des mâles.

Les distributions de fréquence des tailles sont beaucoup moins étendues que celles des femelles, ce qui rend les décompositions plus difficiles. Nous avons donc utilisé, pour corroborer les résultats obtenus précédemment (GARCIA et al., 1970), la méthode indirecte suivante : (GARCIA, 1974) a montré, qu'en Côte d'Ivoire, les mâles et les femelles avaient une répartition bathymétrique des tailles nette et similaire. Les immersions moyennes sont occupées par des individus de taille petite ou moyenne et les immersions extrêmes par des individus de grande taille.
On peut, au vu de la similitude d'allure entre les distributions des deux sexes, emettre l'hypothèse que les crevettes vivant à une profondeur donnée ont en moyenne le même âge.Cette hypothése est étayée par le fait que, lorsqu'un coup de chalut àune profondeur donnée fournit des femelles agées en majorité,il contient également une majorité de males âgés . Si on l'admet on peut donc établir une relation entre la taille moyenne des femelles et celle des males dans chaque échantillon péché, et il est alors possible de passer de la clé âge-longueur des femelles à une clé âge-longueur pour les mâles. Du fait de l'existence de variations du sex-ratio avec la profondeur liées à un léger décalage dans les distributions des mâles et des femelles (chapitre 1), la possibilité d'un biais ne peut être écartée à priori.

La relation entre la taille moyenne des femelles et celle des mâles n'est pas linéaire (fig 99). En effet, pendant la période de vie lagunaire, on ne décèle pas de différence visible entre les deux sexes. A l'approche de la migration vers la mer, les tailles commencent à diverger légèrement (GARCIA, 1974, GALOIS, 1975). Nous avons donc choisi pour matérialiser la relation, la courbe, tracée à main levée, passant par les points moyens pour de courts intervalles de taille (1 cm pour les données 1966-67 et 5 mm pour celles de 1969-70). Pour faciliter le tracé de la courbe vers les petites tailles nous avons tenu compte du fait que la courbe se confondait avec la bissectrice à partir de 20 mm (LC) et 10 cm (LT). Les clés âge relatif/longueur obtenues pour les mâles sont les suivantes (celle qui correspond aux données 1966-67 a été également transformée en LC pour comparaison).

	1966-67			1969-70	
Age relatif (mois)	LT (cm)	Conversion en LC (mm)	Poids (g)	LC (mm)	Poids (g)
0	8,9	18,5	6,0	18,0	5,6
1	10,8	22,1	9,5	22,0	9,4
2	12,0	24,2	12,0	25,0	13,0
3	12,9	26,4	15,0	27,0	15,9
4	13,6	27,8	17,1	28,7	18,6
5	14,2	29,4	19,7	29,8	20,4
6	14,6	30,4	21,5	30,8	22,2
7	14,9	31,2	23,0	31,5	23,6
8	15,2	31,9	24,3	32,2	24,9
9	15,5	32,8	26,1	32,7	25,9
10	15,7	33,4	27,4	33,5	27,6
11	15,9	34,0	28,7	33,9	28,4
12				34,2	23,1
13				34,4	29,5
14				34,6	30,0
15				34,8	30,4
16					

Les paramètres K, L_∞ et t'o peuvent ensuite être estimés par les méthodes graphiques préconisées par GULLAND (1969). La relation entre $L_{(t+1)} - L_{(t)}$ et $L_{(t)}$ permet de calculer K et L_∞ et la relation entre Log (L_∞ - Lt) et t permet de calculer t'o. Dans les deux cas nous avons utilisé l'axe majeur réduit comme droite d'ajustement (fig.100) . Les résultats sont les suivants:



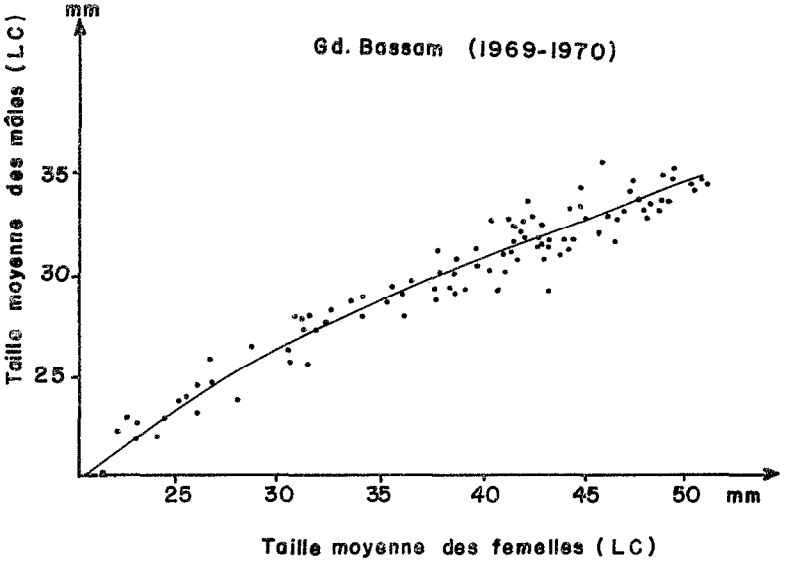


Fig. 99 - Relation entre les tailles moyennes des mâles et des femelles.

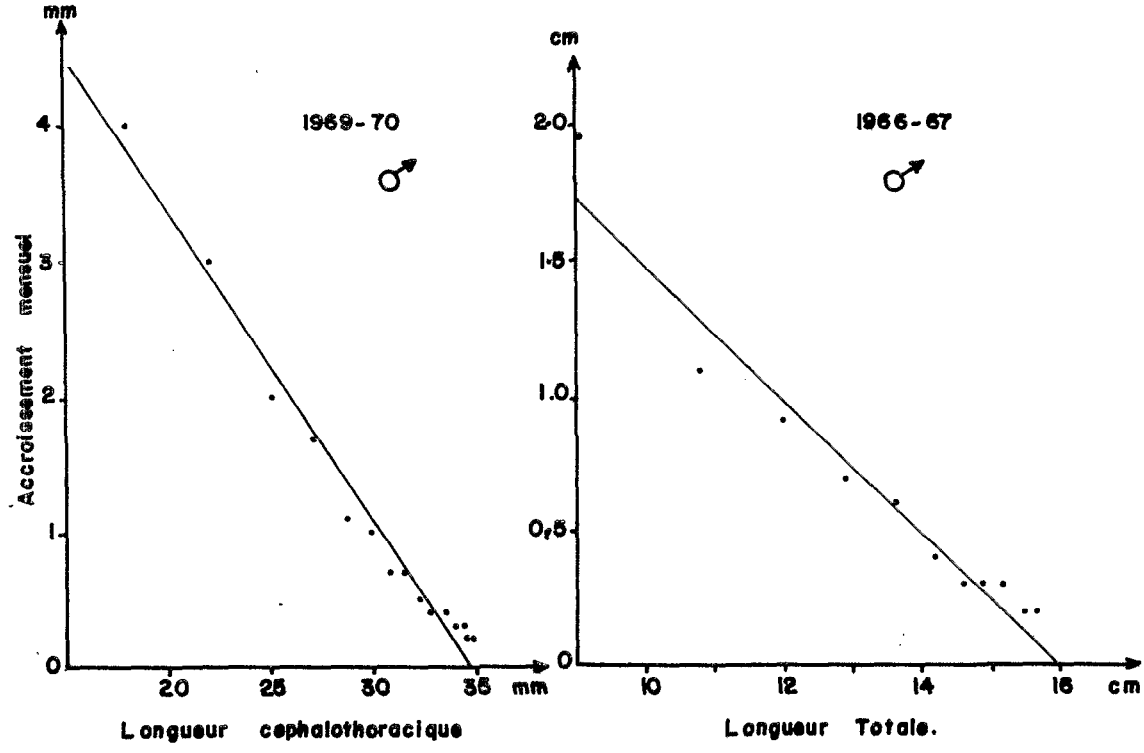


Fig. 100 - Relations $L_{(t+1)} - L_t = f = (L_t)$

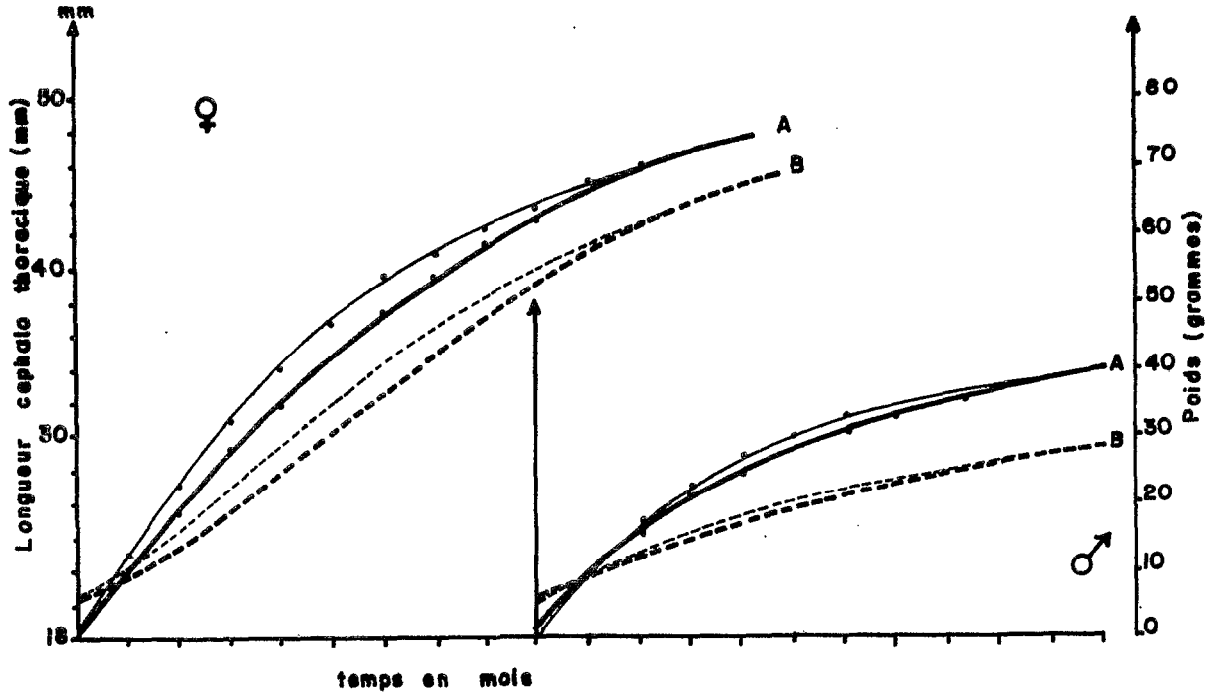


Fig. 101 - Courbes théoriques de croissance en taille (trait plein) et en poids (trait interrompu) sur le fond de pêche de Grand Bassam en Côte d'Ivoire. Trait épais : 1966-1967 ; trait fin : 1969-1970

Mâles		Présente étude	GARCIA et al. (1970)
1966-67	K	0,28	0,26
	LT ∞	16,1 cm	16,4 cm
	t'o	-2,7 mois	-4,1 mois
1969-70	K	0,26	0,25
	LC ∞	34,4 mm	34,4 mm
	t'o	-3,3 mois	-3,9 mois

Les courbes correspondantes ont été tracées sur la figure 101.

L'excellente concordance des résultats obtenus par ces deux méthodes totalement indépendantes permet d'affirmer :

- d'une part, que l'hypothèse de base utilisée dans la deuxième méthode est vérifiée, c'est à dire que l'évolution bathymétrique des tailles correspond bien à une ségrégation par âge ,et que les deux sexes ont en moyenne le même âge à la même profondeur.
- d'autre part, que les paramètres calculés par la première méthode étaient exacts malgré la difficulté rencontrée à établir des filiations modales.

1.4.- L'âge maximum.

C'est également une donnée importante à connaître. Il avait été estimé par GARCIA et al. (1970) à 19-21 mois pour les femelles et 13-15 mois pour les mâles, en considérant que les derniers modes observés représentaient la taille maximale moyenne. En réalité, si cette approximation tient pour les femelles, où l'éventail des tailles est suffisamment large, elle ne tient pas pour les mâles où les derniers modes sont superposés et difficilement discernables. La différence observée provient du fait que chez les mâles la croissance n'est plus perceptible, chez les adultes âgés, par la méthode des filiations modales, alors qu'elle l'est encore chez les femelles. Il est d'ailleurs possible de montrer que les mâles vivent probablement aussi longtemps que les femelles. En effet, il a été confirmé paragraphe 1.3 que la structure bathymétrique de la population correspondait à une ségrégation par âges. Les sexes de même âge vivent et sont capturés ensemble. Pour chaque échantillons, correspondant à un coup de chalut à une profondeur donnée, nous avons calculé le sex-ratio. On dispo- donc pour chaque échantillon, du sex-ratio global et de la taille moyenne des individus mâles et femelles. Si l'on choisit les femelles, car leur échelle des tailles est plus étalée, on peut établir une relation entre le sex-ratio global et la taille moyenne des femelles pour l'ensemble des échantillons récoltés. Une simple modification de l'axe des abscisses en utilisant la clé âge relatif/longueur des femelles permet de la transformer en une relation entre le sex-ratio global et l'âge moyen des crevettes femelles dans l'échantillon, cet âge moyen étant également celui des mâles (fig. 102) On voit que les valeurs observées se distribuent autour de la moyenne générale sans tendance nette. Le sex-ratio n'évolue donc apparemment pas avec l'âge et

nous admettrons en conséquence que la durée de vie des mâles est la même que celle des femelles. On notera que la variance augmente avec l'âge. Ce phénomène découle de la répartition bathymétrique du sex-ratio. GARCIA (1974) a montré que les crevettes d'âge moyen occupaient les immersions moyennes et que leur sex-ratio était toujours proche de 50 %. En grandissant, les crevettes se dispersent. Certaines se rapprochent de la côte et les femelles y dominent, d'autres gagnent les profondeurs les plus élevées, où les mâles dominent. La conséquence est que le sex-ratio est stable et proche de 50 % pour les jeunes avec une variance faible. Pour les crevettes plus âgées le sex-ratio dépend de la profondeur où a été effectué le trait de chalut, la variance est donc plus forte.

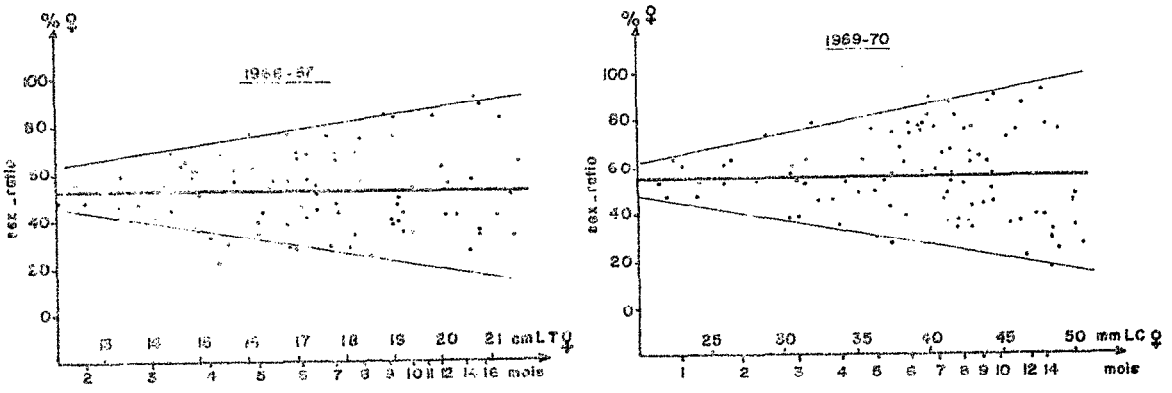


Fig. 102 - Relation âge sex-ratio.

La longévité des crevettes peut être réévaluée à partir des plus récents résultats. Les derniers modes nets sont observés vers 21 cm (LT) ou 50 mm (LC). Si l'on assimile cette taille à la taille maximale moyenne d'une génération, l'âge relatif correspondant est 16-17 mois (1966-67) et 19 mois (1969-70). Cette deuxième valeur est la meilleure, car les mesures effectuées en LC sont plus précises et permettent de mieux discriminer les modes âges. L'âge relatif 0 correspond, rappelons-le, à une taille de 18 cm et un âge réel de 3,9 mois. L'âge maximum d'une génération est donc d'environ 23 mois. En Floride, il a été estimé par KUTKUHN (1966) à 83 semaines.

En réalité, cette estimation suppose que les animaux meurent quand la croissance est terminée et il faut souligner que rien n'étaie cette hypothèse.

1.5.- Discussion.

La présente estimation de la croissance de *P. duorarum notialis* doit être considérée comme la meilleure actuellement disponible sur la côte ouest africaine. Les intervalles de confiance obtenus pour les femelles permettent de montrer qu'il n'y a pas de différence entre les croissances observées en 1966-67 et 1969-70 en Côte d'Ivoire. Il y a tout lieu de supposer qu'il en est de même pour les mâles, bien que nous n'ayons pas pu calculer d'intervalles de confiance. De même, la courbe de croissance que nous avions calculée pour le Sénégal (GARCIA, 1970) et dont les paramètres étaient les suivants,

	Mâles	Femelles
K	0,22	0,18
LT ∞	15,0 cm	20,0 cm

n'est pas significativement différente pour les femelles. On peut supposer qu'elle ne l'est pas non plus pour les mâles.

2 - ESTIMATION DES PARAMETRES DE CROISSANCE PAR MARQUAGE

2.1.- Introduction.

L'étude de la croissance par marquage chez les crustacés est un problème critique à cause des mécanismes de mue mis en jeu. Les résultats obtenus par cette méthode sont a priori sujets à caution. La méthode utilisant des disques de Petersen a, en particulier été déconseillée par KURATA (1962). Elle a cependant été utilisée par LINDNER et ANDERSON (1956) sur *P. setiferus* et IVERSEN et JONES (1961) sur *P. duorarum duorarum*. La méthode, améliorée par NEAL (1969) a été testée sur *P. plebejus* en aquarium par LUCAS, YOUNG et BRUNDRITT (1972). Nous l'avons utilisée en Côte d'Ivoire en 1972 et 1973. D'autres travaux sont en cours à Madagascar (L. LE RESTE ° comm. pers.) et au Sénégal (F. LHOMME ° comm. pers.). Certains résultats préliminaires ont été publiés (GARCIA, 1973). Le présent article les reprend, les complète et permet d'intéressantes comparaisons avec ceux obtenus par d'autres auteurs et par d'autres méthodes.

2.2.- Méthode.

Elle a été décrite dans un précédent article (GARCIA, 1973) et nous rappellerons seulement que nous avons utilisé des disques de Petersen numérotés identiques à ceux préconisés par NEAL (1969). Les épingles ont été enduites de Terramycine à 3 %. La marque a été placée entre le premier et le second segment abdominal. Seules les crevettes les plus valides ont été marquées, et seules les plus vives d'entre elles ont été relachées au niveau du fond à l'aide d'une cage.

° LE RESTE L. - Centre Océanographique de NOSSY-BE - B.P. 68 - (Madagascar)
° LHOMME F. - Centre Océanographique - B.P. 2241 DAKAR-THIAROYE (Sénégal)

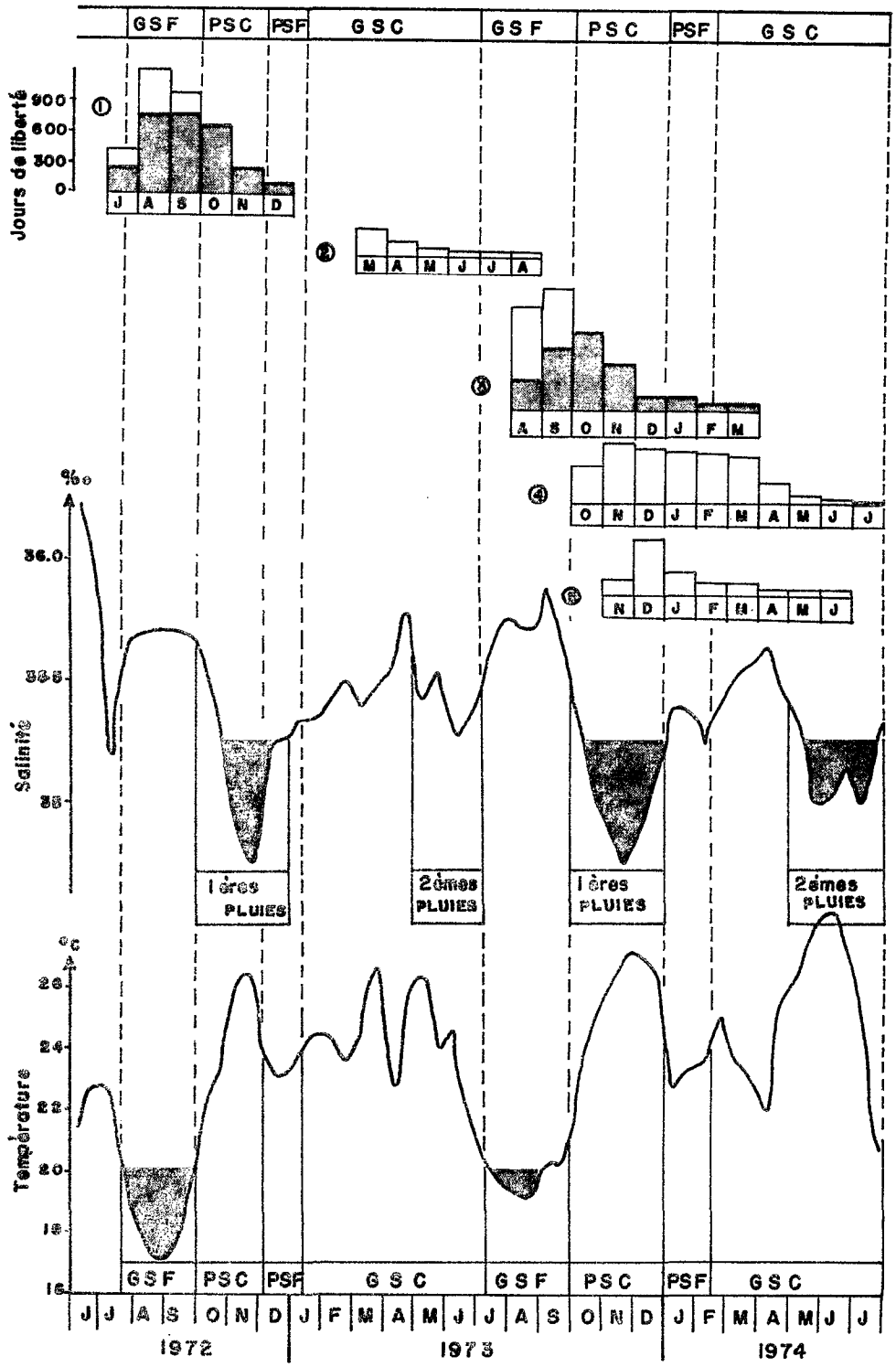


Fig. 103 - Répartition chronologique des jours de liberté et conditions hydrologiques à la station côtière d'Abidjan à 20 m

① - 19-20/7/1972 (en grisé = recaptures au-delà du 30/9)
② - 27-28/2/1973
③ - 8-9/8/1973 (en grisé = recaptures au-delà du 30/9)
④ - 11/10/1973
⑤ - 20-22/11/1973

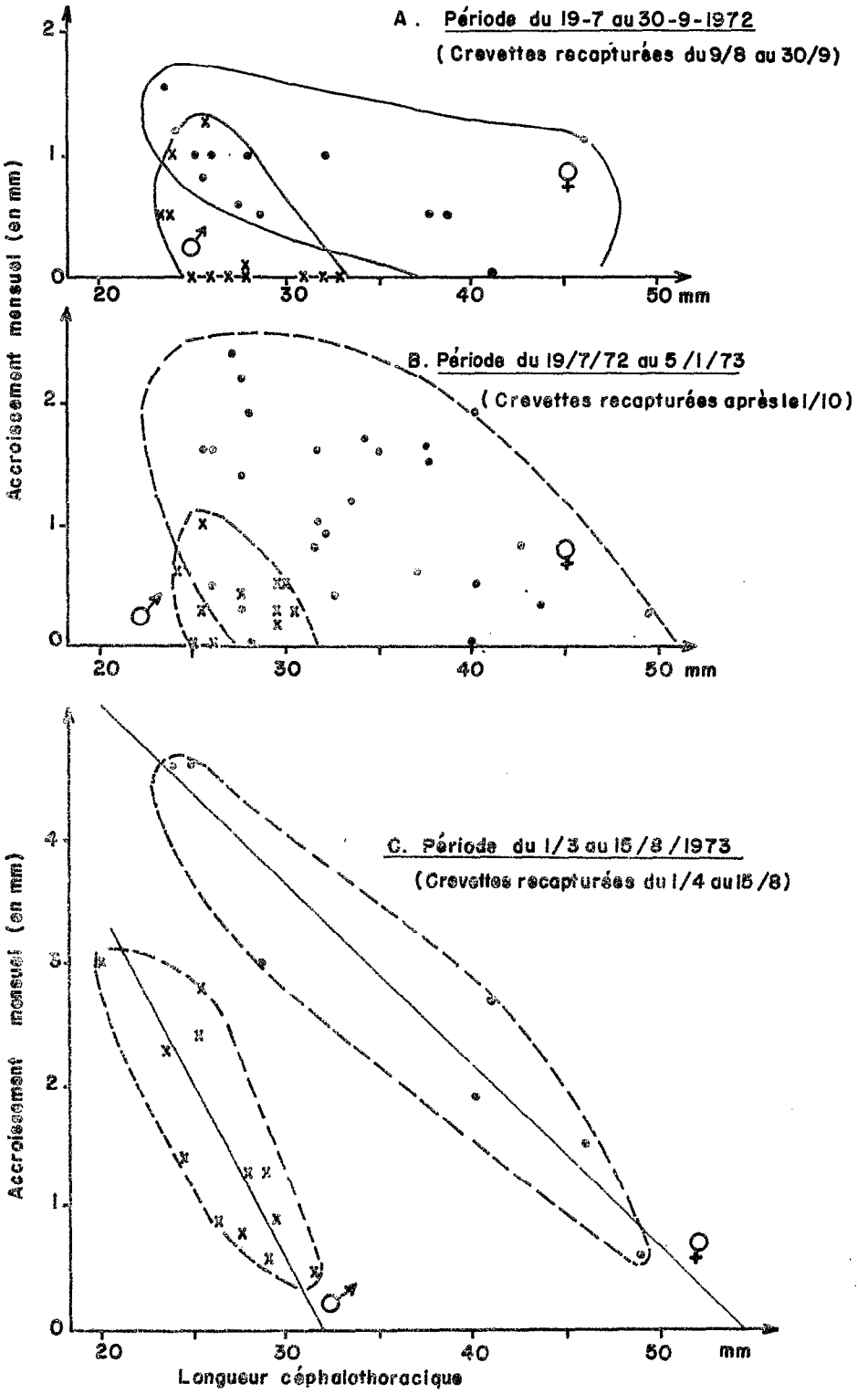


Fig 104 : A et B : Marquage du 19 et 20/7/1972
C : Marquage du 27 et 28/2/1973

La croissance des crevettes étant de type discontinu, il est évident que l'accroissement de taille observé variera beaucoup à quelques heures près, suivant que l'animal aura été capturé immédiatement avant ou après sa mue. Ce phénomène introduit une variabilité dans les accroissements calculés. Il sera cependant d'autant moins sensible que la période de liberté sera plus longue et que le nombre de mues déjà réalisées sera plus important, car l'erreur relative sera alors plus faible. Pour cette raison, nous n'avons pas utilisé les recaptures réalisées dans les 30 jours qui ont suivi le marquage pour le calcul des paramètres des équations de VON BERTALANFFY. Ces calculs ont été effectués en utilisant la méthode de GULLAND et HOLT (1959) pour des données se rapportant à des intervalles de temps inégaux et l'axe majeur réduit (ou droite de Tessier) comme droite d'ajustement.

2.3.- Résultats.

Cinq marquages réalisés sur divers fonds de pêche de Côte d'Ivoire sont utilisables pour l'étude de la croissance. Leurs coordonnées sont regroupées dessous.

N°	Lieu	Date
1	Sassandra-Grand Lahou	19-20/07/1972
2	Grand Bassam	27-28/02/1973
3	Grand Bassam	19/08/1973
4	Grand Lahou	11/10/1973
5	Grand Bassam-Sassandra	20-22/11/1973

Il a été calculé, pour chaque marquage, le nombre total de jours de liberté passés dans chaque intervalle mensuel de la période d'observation par l'ensemble des crevettes recapturées, de façon à situer le centre chronologique de la période d'observation et obtenir ainsi une idée des conditions hydrologiques dominantes associées aux résultats obtenus (fig 105) Ces derniers seront d'abord exposés dans l'ordre chronologique puis repris globalement pour un essai d'interprétation écologique.

2.3.1.- Marquage du 19-20 juillet 1972. (Fig. 104 A et B)

La période d'observation s'étend du 19/07/72 au 5/01/1973 pendant toute la grande saison froide (GSF) et le début de la petite saison chaude (PSC). Les accroissements observés sont faibles et variables. Un examen détaillé des résultats montre que les accroissements mensuels sont, en moyenne, plus importants pour les crevettes dont la recapture a été plus tardive. Nous avons donc séparé les crevettes recapturées en deux lots :

- D'une part, les crevettes récupérées entre le 19 août et le 30 septembre. La croissance observée est une croissance de saison froide pure ; elle est très faible. La période de liberté globale est centrée sur le mois d'août et correspond à une saison froide très marquée ainsi que le montre la figure 103.

- D'autre part, les crevettes recapturées au-delà du 30 septembre. Le centre chronologique est décalé de 1 mois environ et les conditions supportées correspondent donc principalement à une période de transition G.S.F.-P.S.C. Les accroissements observés sont très variables, mais plus importants que pour le premier lot;

la différence est surtout sensible chez les femelles. Les paramètres correspondant à ces deux périodes n'ont pas été calculés, car leur signification aurait été très faible, compte tenu de la dispersion des points.

2.3.2.- Marquage du 27 et 28 février 1973. (Fig. 104 C)

La période d'observation couvre surtout la grande saison chaude (G.S.C.) et déborde très peu sur la grande saison froide, du premier mai au 15 août 1973. Les points obtenus, peu nombreux mais bien groupés, permettent de calculer les paramètres de croissance suivants :

	Mâles	Femelles
K	0,33	0,16
LC ∞	32,0 mm	54,5 mm
r	-0,820	-0,947
n	12	7

2.3.3.- Marquage des 8 et 9 août 1973. (Fig. 105)

La période d'observation couvre la majeure partie de la grande saison froide et déborde largement sur la petite saison chaude. Un rapide examen des données montre que là aussi les valeurs obtenues sont très dispersées. Si l'on sépare les données comme au paragraphe 2.3.1. et sur les mêmes critères, on observe :

- pour les recaptures effectuées du 9 au 30 septembre, c'est à dire dont la croissance s'est effectuée en pleine saison froide, les valeurs sont dispersées (fig 105A) comme sur les figures 104 A,B mais les accroissements observés sont plus importants ; notons que ces données correspondent à une saison froide bien moins marquée que la précédente.

- pour les crevettes recapturées au-delà du 30 septembre, le centre chronologique est décalé de 1 mois et les conditions hydrologiques supportées correspondent à la transition G.S.F.-P.S.C. ; cette fois la croissance est nettement plus rapide (fig.105B), les points sont encore légèrement dispersés et on n'observe pas de valeurs nulles ; les paramètres calculés à titre indicatif uniquement sont les suivants :

	Mâles	Femelles
K	0,20	0,20
LC ∞	33,9 mm	51,0 mm
r	-0,674	-0,695
n	13	30

2.3.4.- Marquage du 10 octobre 1973. (Fig. 106 A)

La période d'observation s'étend d'octobre à août, couvre les deux saisons chaudes et la petite saison froide. Les recaptures ont débuté dès le 11 octobre, mais ont cessé en novembre pour ne reprendre qu'en mars, à cause d'un arrêt de la pêche dans la zone de marquage. Les périodes de liberté ont dépassé les cinq mois en moyenne et ont même atteint 269 jours pour les femelles et 317 jours pour les mâles. Des accroissements bruts très importants ont donc été observés, atteignant 8 mm pour un jeune mâle et 20 mm pour des femelles. La dispersion des points est faible.

	Mâles	Femelles
K	0,37	0,16
LC ∞	31,9 mm	51,6 mm
r	-0,708	-0,883
n	11	21

2.3.5.- Marquage du 20 au 22 novembre 1973. (Fig. 106 B)

La forte diminution de l'effort de pêche dans la zone a entraîné des recaptures peu abondantes. La période couverte va du 20 novembre 1973 au 30 juin 1974, mais 9/10 des recaptures ont été effectuées entre le 20 novembre 1973 et le 15 janvier 1974 soit principalement à la fin de la P.S.C. et au début de la P.S.F. Les valeurs obtenues pour les mâles sont dispersées et ne se prêtent pas à l'ajustement. En revanche, celle des femelles sont utilisables et donnent les résultats suivants

	Mâles	Femelles
K	—	0,13
LC ∞	—	47,5 mm
r	—	-0,934
n	—	9

On observe donc, pour cette période, une croissance lente. Les accroissements sont du même ordre de grandeur qu'en saison froide, mais les points sont mieux groupés.

2.4.- Interprétation des résultats.

Deux marquages ont montré une croissance rapide se traduisant par des accroissements mensuels élevés, des points bien groupés, ce sont les marquages n° 2 et 4, dont la période d'observation couvre essentiellement les périodes chaudes.

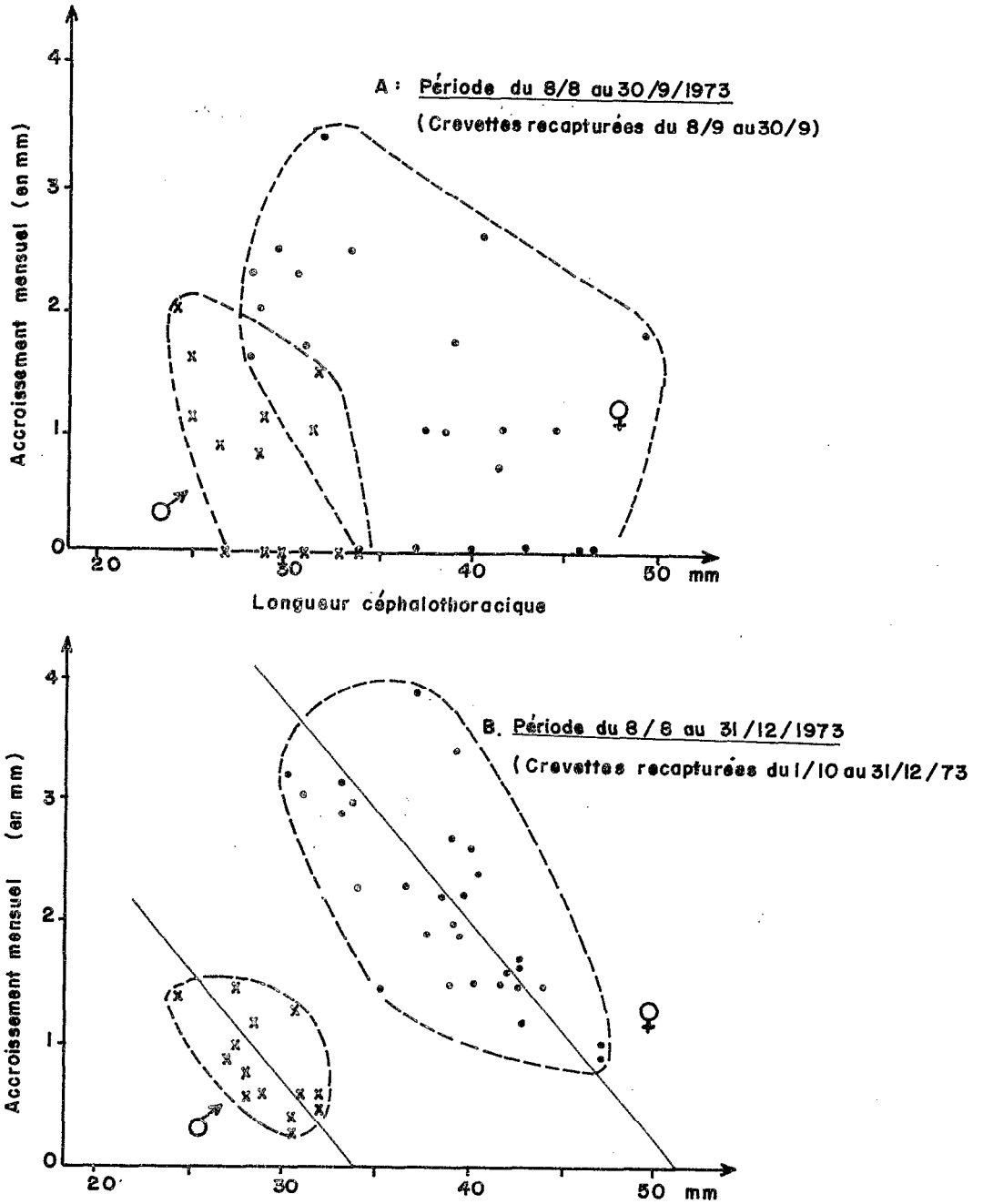
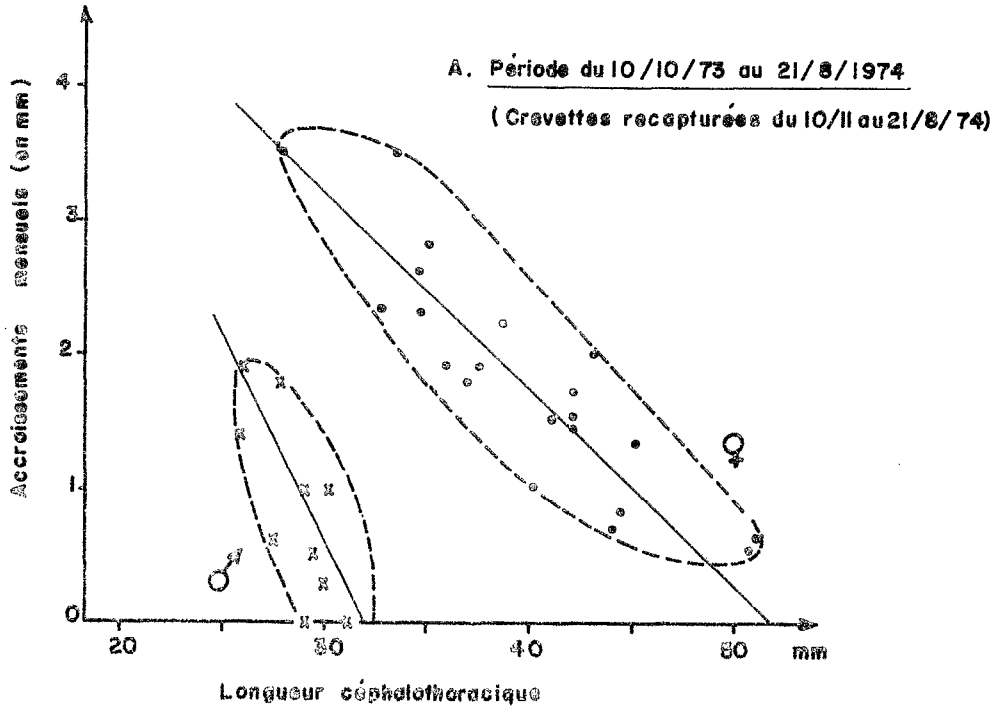


Fig. 105 : Marquage du 8 et 9/8/1973
(Les droites de la partie A ont été reportées sur la partie B, en pointillés, pour comparaison).



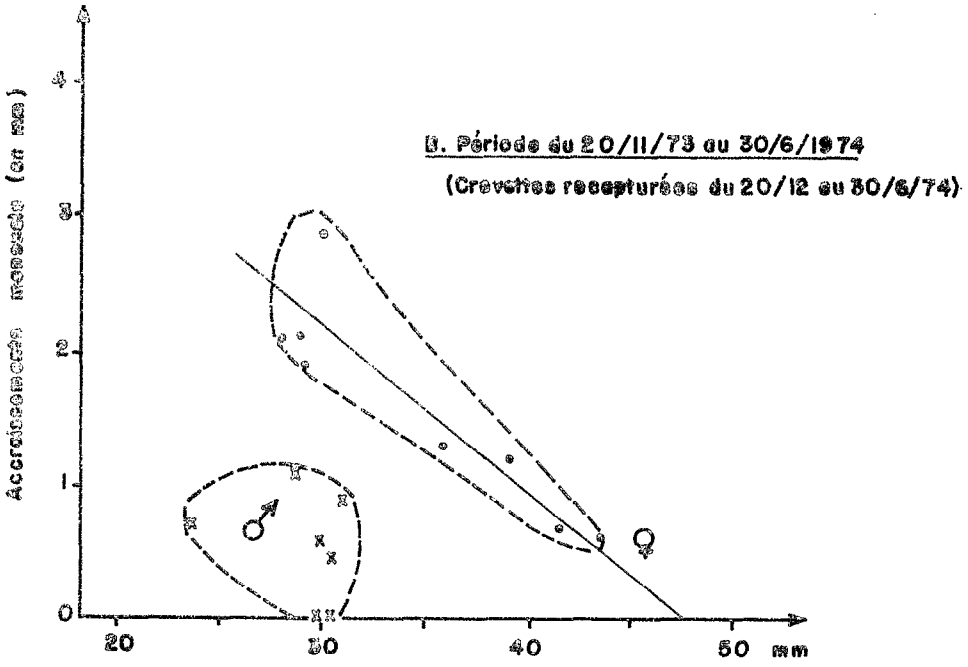


Fig. 106 : A Marquage du 10/10/1973
B Marquage du 20 au 22/11/1973

Le marquage de saison froide n° 3 donne des accroissements mensuels très proches, si l'on considère les crevettes recapturées au delà du 30 septembre. Nous avons donc regroupé les points correspondant à ces trois observations et calculé les paramètres suivants : (fig. 107 A)

	Mâles	Femelles
K	0,30	0,18
LC ∞	32,3 mm	51,7 mm
r	-0,789	-0,838
n	37	58

La répartition chronologique des jours de liberté correspondant à ce résultat est reportée sur la figure 108. Il apparaît que toute l'année est couverte, mais que les conditions de saison chaude dominent (octobre) mai).

Les résultats sont différents si l'on regroupe les deux marquages de saison froide (fig. 107 B1-B2). Les accroissements sont faibles en moyenne, les valeurs nulles nombreuses, les points très dispersés. Calculer des paramètres dans ces conditions aurait peu d'intérêt, car leur signification statistique serait faible. Les deux marquages n'ont pas donné des résultats exactement semblables. Dans les deux cas, la croissance apparaît la plus lente pour les crevettes ayant vécu uniquement en saison froide (fig 104 A et 105 A) c'est à dire recapturées avant le 30 septembre. La croissance a été cependant plus rapide pendant la saison froide 1973 qu'en 1972. Ceci peut s'expliquer par le fait que cette dernière a été exceptionnellement marquée, en intensité et en étendue. Si l'on considère les recaptures effectuées uniquement au delà du 30 septembre, on obtient une croissance de saison froide et de transition saison froide-saison chaude. Là également, la croissance observée a été plus rapide en 1973, pour la même raison et parce que le centre chronologique est décalé de 1 mois vers la période chaude. La variabilité inhérente aux résultats de saison froide peut être due à un allongement de la période d'intermue, accentuant le caractère discontinu de la croissance avec ses conséquences sur les accroissements observés signalés au paragraphe 2.2.

On admettra donc que la croissance est ralentie en saison froide et que les observations ne permettent plus de la traduire de façon satisfaisante par une loi de Von Bertalanffy. S'il était nécessaire de chiffrer cette croissance de saison froide, il ne serait pas plus inexact d'admettre qu'elle est en moyenne de 1,1 mm/mois et 0,5 mm/mois pour les femelles et les mâles respectivement,sans relation nette avec la taille.

Le marquage n° 5 pose un problème particulier (fig 107 B3). C'est un marquage de saison chaude, mais il correspond également à la grande crue des fleuves pendant la deuxième saison des pluies. Pendant cette période, la couche dessalée de surface atteint son extension maximale. La thermocline descend près des limites inférieures de distribution de l'espèce et les populations sont bloquées sous cette thermocline (GARCIA, 1974), dans des conditions écologiques peu favorables où elles ne disposent comme nourriture que d'un benthos très peu abondant (LE LOEUFF et INTES, 1968). D'autre part cette période correspond à la principale phase de reproduction où, selon BURUKOWSKY (1968), la croissance est ralentie.

Les accroissements observés sont comparables à ceux que nous avons notés en saison froide.

La méthode de marquage utilisée donne donc a priori des résultats cohérents interprétables. Il reste à les comparer avec ceux qui ont été obtenus ailleurs par des méthodes identiques et en Côte d'Ivoire par d'autres méthodes.

2.5.- Comparaison des résultats.

2.5.1.- Sur la côte ouest africaine.

La méthode de Petersen a été utilisée par GARCIA (1970) sur des données relatives à la Côte d'Ivoire et au Sénégal. Une étude plus récente utilisant la méthode des moindres carrés de TOMLINSON et ABRAMSON (1961) a permis de calculer les intervalles de confiance et de montrer qu'il n'y avait pas de différences significatives entre les différentes estimations. La croissance calculée par cette méthode représente une croissance annuelle moyenne. La comparaison des résultats groupés dans le tableau suivant permet de tirer les conclusions suivantes :

		Marquage croissance "normale"	GARCIA (1975) méthode de Petersen
Mâles	K	0,30	0,26 ± 0,05
	LC ♂♂	32,3 mm	34,4 mm ± 2,0
Femelles	K	0,18	0,16 ± 0,03
	LC ♀♀	51,7 mm	51,6 mm ± 3,4

a) Les résultats obtenus par marquage ne peuvent pas être considérés comme différents des autres et la méthode de marquage utilisée avec précautions donne donc des résultats cohérents.

b) Le fait que la croissance dite "normale" obtenue par marquage soit proche de la croissance moyenne obtenue par la méthode de Petersen implique que les périodes où la croissance est perturbée sont courtes, et que la récupération est rapide dès que les conditions redeviennent normales.

c) Les perturbations de la croissance observées par marquage confirment les résultats de GARCIA (1974) concernant l'écologie de l'espèce sur la côte ouest africaine. Ils montrent que la saison froide et la saison des crues sont bien des périodes de choc physiologique.

2.5.2.- En Floride.

IVERSEN et JONES (1961) ont utilisé la méthode de marquage non modifiée de LINDNER et ANDERSON (1956). KUTKUHN (1965) et BERRY (1967) ont utilisé des marques

colorées injectables mais, le premier auteur n'ayant pas distingué les sexes nous nous refèrerons surtout au deuxième.

IVERSEN et JONES (1961) ont traité leurs données par la méthode de Ford-Walford et leur constante de croissance, que nous appellons K' n'est pas directement comparable à la nôtre. Il est nécessaire d'effectuer la transformation suivante

$$K = - \mathrm{Log}_e K'$$

Si l'on utilise les valeurs moyennes calculées par ces auteurs on obtient pour les femelles K = 0,09 et L_∞ = 46,05 mm, et pour les mâles K = 0,07 et L_∞ = 46,4 mm. Ces résultats sont très différents de ceux que nous avons obtenus par marquage et sont en dehors des limites calculées par la méthode des progressions modales. Si l'on compare nos clés âge-longueur (GARCIA, 1975) avec des clés calculées à partir de ces paramètres, la divergence est très rapide, et la croissance calculée par ces auteurs apparaît comparativement plus lente. Les données ayant servi au calcul n'étant pas disponibles, il est difficile de savoir si cette sous-estimation est due aux données, ou à la méthode de calcul utilisée. Notons cependant que la même méthode de marquage et un traitement par la méthode de Ford-Walford un peu différent ont été utilisés sur une espèce voisine de la région (*P. setiferus*) par LINDNER et ANDERSON (1956) et ont donné des résultats qui, exprimés en longueur totale, sont proches de ceux que nous avons obtenus dans le même système de mesures par l'analyse des progressions modales (GARCIA, 1975). Leurs résultats sont les suivants :

	Mâles	Femelles
K	0,27	0,20
LT_∞	17,8 cm	19,0 cm

BERRY (1967) a utilisé comme marques, des injections colorées. En conséquence, il était impossible de mesurer la croissance individuelle mais seulement la croissance moyenne du groupe d'individus marqués. Les résultats obtenus sont les suivants :

	Mâles	Femelles
K	0,18 et 0,19	0,16 à 0,22
LT_∞	16,8 et 17,7 cm	18,5 à 20,2 cm

Ils ne sont pas directement comparables aux nôtres car les mesures sont faites en longueur totale. On peut également les comparer à ceux obtenus par GARCIA (1975) dans le même système de mesures par l'analyse des progressions modales.

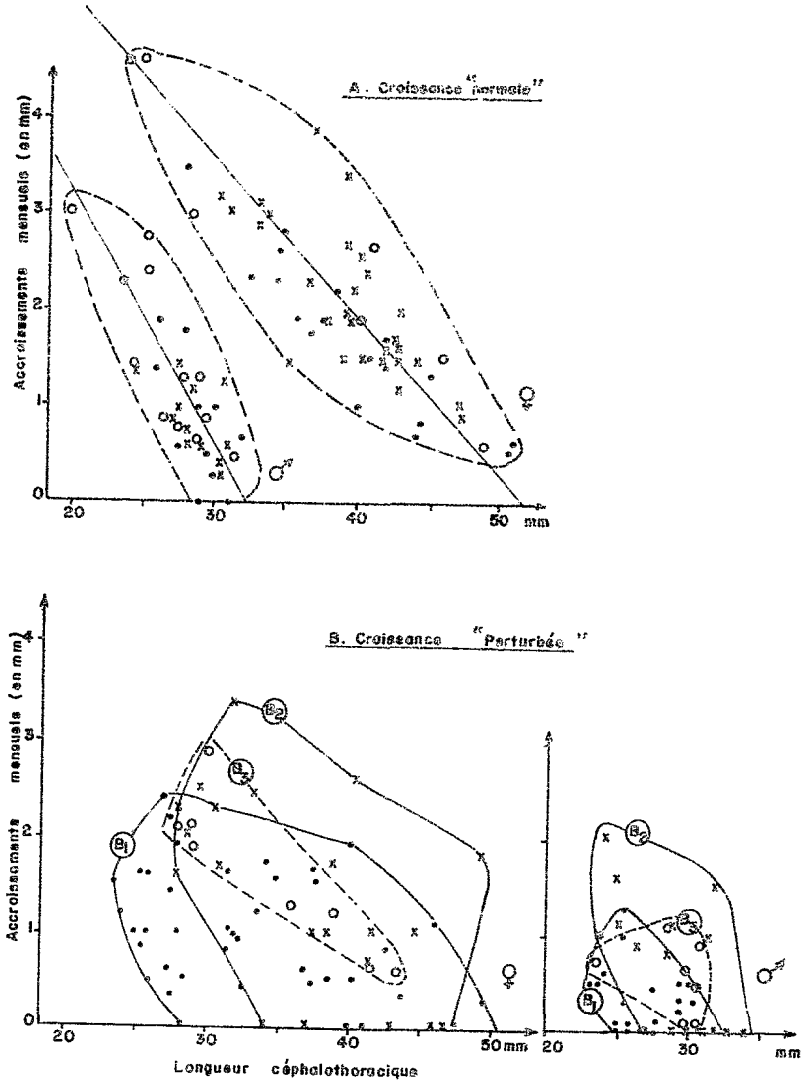


Fig. 107 - Regroupement des données

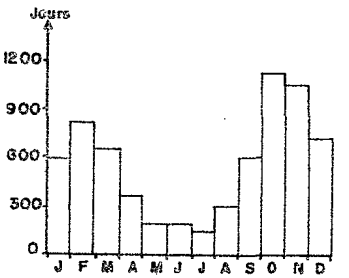


Fig. 108 - Répartition chronologique des jours de liberté = croissance "normale"

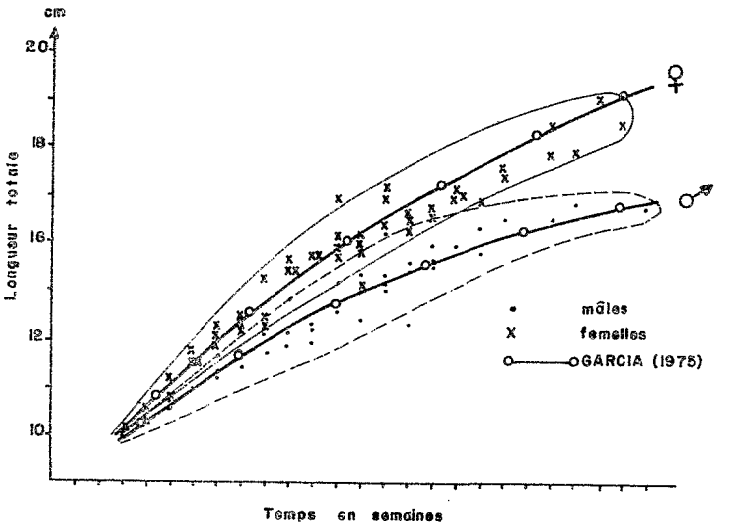


Fig. 109 - Comparaison entre les courbes de croissances observées aux Tortugas (Floride) d'après des données de BERRY (1967), et en Côte d'Ivoire d'après GARCIA (1975)

	Mâles	Femelles
K	0,26 ± 0,05	0,17 ± 0,3
LT ∞	16,1 cm ± 0,7	21,0 cm ± 1,0

Les valeurs de K sont très proches pour les femelles. En revanche, elles sont différentes pour les mâles. Les valeurs de L∞ sont cohérentes. Afin de déterminer si cette différence était vraiment fondée, nous avons repris les données de BERRY (1967 - page 122 et 123). L'auteur donne 4 séries chronologiques de tailles moyennes des recaptures. Nous les avons portées sur un graphique, en fonction du temps, sur une échelle temps arbitraire. Pour pouvoir mettre bout-à-bout des séries concernant des tailles différentes, nous avons supposé que deux échantillons de même taille moyenne avaient le même âge (fig.109).On obtient deux nuages de points matérialisant deux courbes de croissance calculées par GARCIA (1975) la cohérence des résultats est frappante et l'on peut dire, malgré les différences apparentes dans les paramètres calculés, que la croissance n'est pas sensiblement différente en Floride et en Côte d'Ivoire.

Les différences dans les paramètres ne sont que des artéfacts de calcul et il convient de souligner, en accord avec LE GUEN et SAKAGAWA (1973) qu'il est préférable, quand cela est possible, d'utiliser, dans les calculs de production, les clés âge-longueurs observées au lieu des paramètres calculés.

Nous n'avons pas jugé nécessaire de comparer les valeurs de t'o car les résultats dépendent essentiellement pour les crustacés des hypothèses effectuées sur l'âge.

2.6.- Conclusions.

L'étude de la croissance des penaeïdes par marquage à l'aide des disques de Petersen donne d'excellents résultats contrairement à l'opinion de KURATA (1962). Elle permet de mettre en évidence des variations saisonnières portant sur des périodes courtes. La répétition des marquages de façon à couvrir toutes les saisons hydrologiques permet d'obtenir par regroupement des données une courbe moyenne annuelle proche de celle issue de l'étude des progressions modales. Les deux méthodes s'étayent donc mutuellement.

La comparaison des paramètres calculés en Côte d'Ivoire et en Floride montre, d'une part, que la croissance a probablement été sous-estimée par IVERSEN et JONES (1961), et, d'autre part, que les différences entre les paramètres calculés par BERRY (1967) en Floride, et les nôtres ne correspondent pas à des différences géographiques réelles dans la croissance.

Nous soulignerons, en accord avec KNIGHT (1969) et LE GUEN et SAKAGAWA (1973), que ces paramètres calculés sont uniquement mathématiques, très sensibles à la dispersion des points, à la technique de régression, à l'intervalle d'observation. Il est donc préférable, lorsque cela est possible, d'utiliser les clés âge-longueur au lieu des paramètres calculés, avec les restrictions d'usage en ce qui concerne les estimations de l'âge chez les crustacés.

3 - MORTALITES ET MIGRATIONS.

Le marquage est une méthode directe d'estimation des paramètres biologiques d'un stock. Cette technique a été relativement peu utilisée pour les penaeïdes tropicaux malgré leur grande extension géographique et leur importance économique. Les précurseurs sont LINDNER et ANDERSON (1956) dans le Golfe du Mexique, COSTELLO et ALLEN (1966), IVERSEN et JONES (1961). Les résultats portent surtout sur la croissance et les migrations. KUTKUHN (1966) obtient les premières évaluations de mortalités en mer, avec en particulier des valeurs élevées pour la mortalité naturelle M, rendant inutile voire même néfaste toute tentative de règlementation de la pêche. Le dernier travail, et le plus complet à notre avis, est celui de BERRY (1967) qui porte sur la croissance et les mortalités et donne des évaluations de M beaucoup plus faibles que celles de KUTKUHN, rendant très bénéfique au contraire une règlementation visant à protéger les juvéniles au moment de leur arrivée en mer.

3.1.- Méthodes.

Le type de marque et la méthode utilisée ont été décrits précédemment dans un article préliminaire (GARCIA, 1973) dont certains résultats seront repris ici pour plus de clarté. Rappelons simplement que nous avons utilisé des disques de Petersen tels que ceux de LINDNER et ANDERSON (1956) avec les modifications préconisées par MEAL (1969). Les crevettes ont été conservées à bord environ 1/2 heure à une heure avant marquage et seules les plus vives ont été relachées à l'aide d'une cage qui s'ouvrait au niveau du fond pour éviter autant que possible la prédation. Nous avons procédé à quelques essais de conservation à bord pendant 12 h et 24 h. L'expérience a montré que celles qui passent le cap de la première heure (c'est à dire 93 à 99 % dans tous les cas) ne montrent pas de mortalité additionnelle immédiate si on les compare à des crevettes non marquées. En conséquence nous avons jugé préférable de remettre rapidement les crevettes en bon état dans leur élément, une longue stabulation à bord n'étant pas non plus recommandable (BEVERTON et BEDFORD, 1963). D'autre part, les travaux récents de LUCAS, YOUNG et BRUNDRITT (1972) en Australie ont montré que les disques de Petersen provoquaient une mortalité additionnelle au-dessous de 30 mm de carapace et pas de mortalité décelable, ni immédiate ni additionnelle au delà de cette taille.

Pour que l'opération de marquage soit aussi ponctuelle dans le temps que possible, et parce que les deux premiers tests laissaient espérer des taux de recapture assez élevés (GARCIA, 1973), nous nous sommes fixé comme objectif de marquer 1000 crevettes au maximum à chaque opération. Cet objectif n'a parfois pas pu être atteint dans les délais impartis (2 jours), surtout en période de faible abondance.

Dans le but d'obtenir une population marquée aussi proche que possible de la population non marquée, et pour que le mélange puisse être considéré comme immédiat, nous avons réparti les stations de marquage sur l'ensemble du fond de pêche, en marquant proportionnellement à l'abondance suivant ainsi la suggestion de GULLAND (1969), c'est à dire en marquant à chaque fois pratiquement toute la capture.

La distance entre les points de largage était inférieure à la distance d'un trait de chalut de 3 heures d'un crevettier.

Une récompense de 100 F CFA a été offerte pour chaque recapture. Cette somme était assez élevée pour inciter fortement les matelots à trier leur capture avec soin et trop peu élevée pour justifier de la part du patron de pêche un effort accru sur la population marquée, biaisant les résultats. D'autre part, une loterie trimestrielle tirée à partir des fiches de recaptures permettait de récompenser les patrons de pêche (5 000 F CFA). Des cartes ronéotypées ont été mises à la disposition des patrons les plus coopératifs, pour y noter exactement les coordonnées des recaptures. La pêche est réalisée en Côte d'Ivoire ou à l'étranger suivant les époques. L'effort est donc susceptible de fortes variations à court terme, que nous supposerons aléatoires dans l'intervalle d'observation. Pour pallier en première approximation les variations de l'effort, nous utiliserons les recaptures par unité d'effort.

Les données sur l'effort ont été obtenues à partir des cahiers de pêche mis en place par le CRO sur certaines unités ou par interview directe des patrons de crevettiers. L'effort est connu avec exactitude dans le cas d'une marée courte (8 jours environ), ou lorsque le patron remplit un cahier ; il est seulement estimé à cause de la grande mobilité de la flottille d'un fond à l'autre lorsque la marée est longue (un mois) et que le patron ne tient pas de cahier.

Seuls les recaptures et l'effort provenant d'unités dont les mouvements étaient parfaitement identifiés ont été utilisés pour le calcul des mortalités. Les données moins précises n'ont servi qu'à estimer l'effort total appliqué à la zone. A partir des recaptures obtenues par un bâteau pendant une période courte, nous avons estimé les recaptures par jour de pêche et considéré que ce nombre de recaptures par unité d'effort (R/UE) était constant pour toute la marée et proportionnel à l'abondance des crevettes marquées. Nous avons ensuite calculé une R/UE moyenne pour chaque intervalle d'observation en faisant la moyenne des R/UE obtenues par les différents bâteaux dans cet intervalle, que nous avons choisi égal à un jour pour le premier mois d'observation et à une semaine pour le reste de la période. Nous avons également, et pour les raisons citées au paragraphe 3.2 traité séparément les marquages effectués de jour et ceux de nuit, les considérant comme deux opérations distinctes. Les logarithmes néperiens de ces recaptures moyennes par unité d'effort ont été utilisés pour tracer des courbes de recapture, à l'aide de simples droites de régression. Cette technique est toujours utilisable à condition que Z, la mortalité totale, puisse être considérée comme constante dans l'intervalle de mesure. Dans la réalité elle ne l'est certainement pas, puisque l'effort (donc F) varie, mais en l'absence de tendance nette nous considérerons que ces variations sont aléatoires. Nous verrons au paragraphe 3.5. et 3.6. de ce chapitre que cette hypothèse est au mieux une approximation grossière de la réalité. Deux méthodes de calcul ont été utilisées et les résultats considérés comme peu différents ont été combinés.

Première méthode :

D'après GULLAND (1963) et (1969) l'ordonnée à l'origine de la droite de pente Z, exprimant l'évolution des recaptures/unités d'effort en fonction du temps, est égale à Log_e qNo ce qui permet de calculer q connaissant le nombre de marques à l'origine, avant toute mortalité et, partant, de connaître F en utilisant la relation

$$F = qf$$

où q est le coefficient de mortalité due à la pêche par unité d'effort ou coefficient de capturabilité. Remarquons que nous avons remplacé l'intensité de pêche (f/A) de GULLAND par l'effort de pêche (f) ce qui revient à considérer que l'aire exploitée (A) est constante. Si l'on se refère aux différentes erreurs pouvant affecter les estimations obtenues par marquage (RICKER, 1958), cette évaluation de q et de F ne peut être biaisée par une perte de marques, mortalité additionelle et émigration à taux constant ou non (erreurs de type B) car l'éstimation n'utilise pas Z, la pente de la droite mais seulement l'ordonnée à l'origine. Elle peut cependant être biaisée :

- par des erreurs de type A : mortalité ou perte de marques immédiates, mauvaise notification des recaptures (nous considérons, à cause des précautions prises dans l'analyse des recaptures (cf §3.2) que nous avons réduit ce risque au minimum) ;

- par des erreurs de type C : en effet, dans le cas d'une pêche de type floridien avec chalut d'essai (testing net), l'effort de pêche n'est pas distribué au hasard, mais est proportionnel à l'abondance et les fonds ne sont pas exploités de façon aléatoire.

Deuxième méthode :

Nous avons également utilisé pour comparaison la formule suivante (en nomenclature internationale)

$$\frac{R}{No} = \frac{F}{Z} (1 - e^{-zt})$$

ou R est le nombre total de recapture et No le nombre de marques à l'origine. R/No est égal au "taux d'exploitation" de RICKER quand t = 1. On en tire une valeur de F qui, connaissant l'effort dépensé, permet de calculer une valeur de q que l'on peut comparer à la précédente.

Les deux méthodes supposent que Z est constant pendant toute la période d'observation ; ce point sera discuté plus en détail par la suite. L'ensemble de l'étude est basé sur deux tests effectués au cours d'essais méthodologiques et cinq opérations principales entreprises sur trois des fonds de pêche de Côte d'Ivoire entre mars 1972 et novembre 1973.

Les résultats globaux sont résumés dans le tableau 1. Nous procéderons à une analyse des données avant de calculer les mortalités, pour tenter d'éliminer le plus grand nombre de causes d'erreurs.

3.2.- Analyse des données.

Il apparait nettement sur le tableau 1. que les taux de recapture sont plus élevés à Grand-Bassam qu'ailleurs. Ce fond est plus intensément exploité que les autres, parce qu'il est plus proche d'Abidjan.

L'examen détaillé des résultats obtenus montre cependant que ces taux ne donnent pas une idée exacte de la réalité, car ils présentent des variations en fonction de l'heure à laquelle le marquage a été effectué et de la taille des individus. Ces variations doivent être analysées afin de filtrer les données de façon à ne calculer les taux de mortalité que sur des ensembles homogènes et non biaisés par des erreurs de type A, B ou C de RICKER.

MARQUAGES		Nombre de marques larguées	RECAPTURES GLOBALES	
Date	Lieu		Nombre	%
15/03/72	Grand-Bassam	30 (test)	6	20,0
15/05/72	Grand-Bassam	65 (test)	22	33,8
20/07/72	Grand-Lahou	235	43	17,9
22/07/72	Sassandra	589	67	11,1
28/02/73	Grand-Bassam	769	379	49,3
08/08/73	Grand-Bassam	938	531	56,6
11/10/73	Grand-Lahou	927	112	12,1
20/11/73	Sassandra	70	10	14,2
21/11/73	Grand-Bassam	192	50	25,7

TABLEAU 1. - Résumé des informations concernant les marquages.

3.2.1.- Influence de l'heure de largage sur le taux de recapture.

Les résultats utilisables ont été regroupés dans la figure 110 et le tableau II.

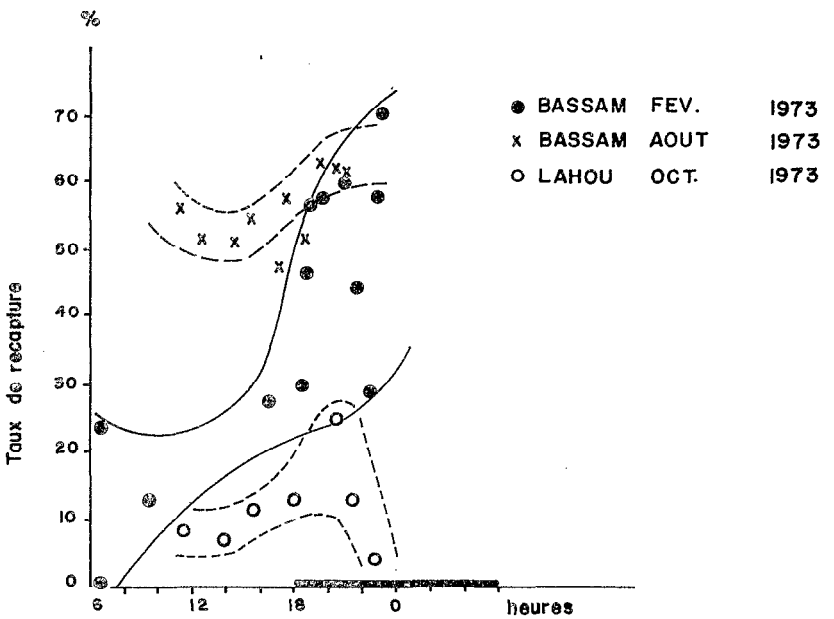


Fig. 110 - Variation des taux de recapture en fonction de l'heure du largage.

ZONE	DATE	% RECAPTURE	
		Jour	Nuit
Grand-Bassam	Fév. 1973	17,3	55,6
Grand-Bassam	Août 1973	53,9	62,5
Grand-Lahou	Oct. 1973	9,3	17,4

TABLEAU II. - Taux de recapture des crevettes marquées de jour ou de nuit.-

Ayant été forcés, pour des raisons techniques de réduire au maximum les opérations de nuit, nous ne disposons pas de cycles nycthéméraux complets. Notons seulement que :

- les taux de recapture sont en moyenne plus élevés lorsque les crevettes sont marquées après le coucher du soleil (Tableau II.) ;

- la différence est plus importante en février qu'en août ou octobre.

Une comparaison qualitative (Tableau III.) des conditions ambiantes pendant le marquage permet de constater que la turbidité est le seul paramètre relevé qui peut être relié au phénomène : les différences sont plus faibles en août et octobre, saisons hydrologiquement très dissemblables mais où la turbidité est très élevée. Elles sont très nettes en février où les eaux sont les plus claires de l'année (MORLIERE et REBERT, 1972 ; GARCIA, 1973).

Mois	Température de l'eau de surface	Nébulosité	Transparence	Différence entre les % de recapture
Février	Elevée	Faible	Forte	Forte
Août	Basse	Faible	Faible	Faible
Octobre	Elevée	Forte	Faible	Faible

TABLEAU III.

Cette constatation vient appuyer l'une des deux hypothèses émises dans un précédent travail (GARCIA, 1973) et selon laquelle "l'action des prédateurs attirés par les opérations de chalutage et de marquage ne devait pas être négligée surtout en période d'eaux claires".

Pour tenir compte de ce phénomène, qui tendrait à biaiser sérieusement le nombre de crevettes marquées à l'origine, compromettant ainsi les calculs de mortalité par pêche, les opérations de JOUR ou de NUIT seront, dans un premier temps, considérées séparément puis regroupés uniquement lorsque les résultats obtenus seront comparables.

3.2.2.- Influence de la taille au marquage sur le taux de recapture.

Ce phénomène, mis en évidence chez les penaëïdes par LINDNER et ANDERSON (1956) et redémontré en aquarium plus récemment par LUCAS, YOUNG et BRUNDRITT (1972). Pour le déceler dans nos résultats, nous avons calculé le taux de recapture par classe de taille de 1 mm (longueur céphalothoracique). Il est évident que, pour que la relation entre le taux de recapture et la taille au marquage soit précise, l'intervalle d'observation doit être suffisamment court pour que la croissance y soit considérée comme nulle, et suffisamment long pour que les nombres de recaptures y soient significatifs. Nous avons choisi les recaptures effectuées le premier mois après le marquage chaque fois que le nombre des recaptures le permettait. Lorsque leur faible nombre total ne nous laissait pas le choix, nous avons utilisé toutes les recaptures. Notons que cela ne modifie pas fondamentalement le phénomène (car la grande majorité des recaptures sont effectuées dès les premières semaines), mais rend théoriquement la relation un peu moins précise.

Tous les résultats utilisables ont été regroupés sur la figure 111 Le phénomène apparaît beaucoup plus complexe que nous ne l'avions supposé (GARCIA, 1973). Tout d'abord, à part une exception que nous examinerons par la suite, le phénomène est sensiblement le même dans les grandes lignes, pour les femelles et pour les mâles. Il est a priori préférable de raisonner sur les femelles car, pour un même éventail d'âges, l'histogramme des tailles est plus étalé donc plus lisible. Le pourcentage de recaptures augmente avec la taille, passe par un maximum puis décroît vers les tailles les plus élevées (Fig. 111,A,B,E.)

Nous avons abordé ce phénomène dans notre premier travail (GARCIA, 1973) et pensé que la partie gauche de la courbe pouvait être due à une mortalité additionnelle, liée au marquage, diminuant avec l'âge ou à une mortalité par pêche augmentant avec l'âge. Dans notre second travail (GARCIA, 1975), repris presque intégralement ici, nous avons surtout étayé la première hypothèse pensant que les variations observées d'un marquage à l'autre ne s'accordaient pas avec la rigueur d'un mécanisme de sélectivité. Cette opinion doit être révisée. En effet, les travaux de LHOMME° (communic. person.) sur la sélectivité montrent que la taille L_{50}, pour les mailles de 25 à 30 mm de côté utilisées, varie de 20 à 21 mm (LC) et que L_{100} se situe aux environs de 30 cm. Ceci peut expliquer que nous observons un taux de recapture qui augmente entre 20 et 30 mm (LC). Quant aux variations observées d'une saison à l'autre, elles peuvent être la simple conséquence des mouvements du stock sour l'influence des conditions hydrologiques (chapitre I) et des changements de répartition de l'effort sur la structure démographique qui en résulte.

L'allure de la partie droite de la courbe est plus intéressante. La diminution, similaire pour les deux sexes, du taux de recapture avec l'âge au moment du marquage, peut indiquer :

a) que la mortalité naturelle n'est pas constante et augmente avec l'âge ;

° C.R.O.D.T. Dakar-Thiaroye Sénégal.

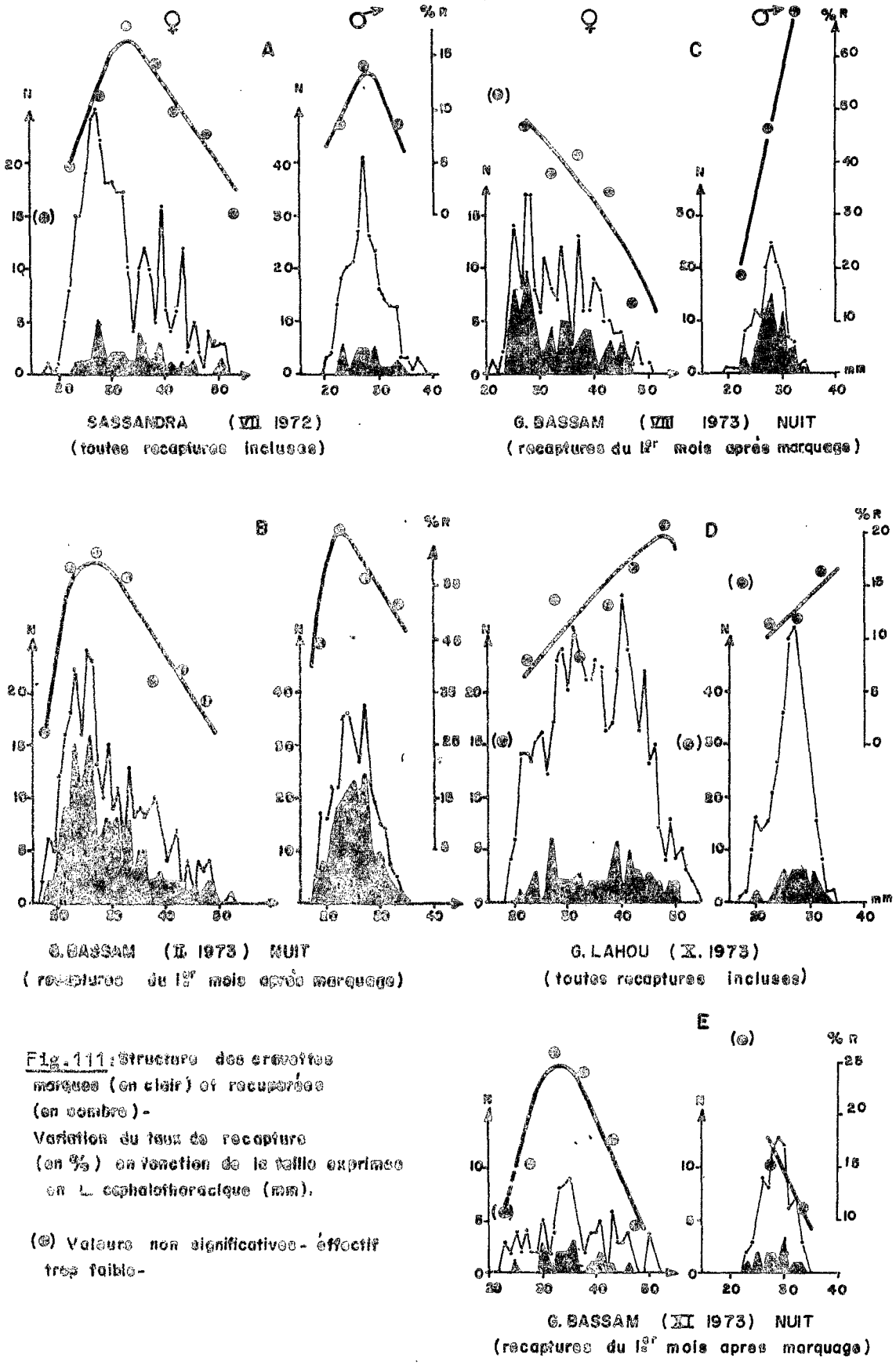


Fig.111: Structure des crevettes marquées (en clair) et recaptures (en sombre) - Variation du taux de recapture (en %) en fonction de la taille exprimée en L. céphalothoracique (mm).

(⊕) Valeurs non significatives - effectif très faible -

c'est très probable chez les Penaeïdes où la durée de vie est très courte, de l'ordre de 21 mois ; un phénomène analogue a été observé par LE GUEN (1970) chez des Sciaenidés tropicaux ;

b) que la mortalité par pêche diminue avec l'âge. En effet, la pêche à la crevette selon le système floridien utilisé en Côte d'Ivoire, ne s'effectue pas au hasard. Grâce au chalut d'essai, les zones où l'abondance est élevée sont généralement bien localisées. Elles sont peuplées, dans nos régions où la répartition bathymétrique des tailles est bien caractérisée, par des crevettes de taille moyenne (GARCIA, 1974). Les dernières supportent donc la plus grande partie de la pêche. Les individus les plus gros, situés aux profondeurs les plus importantes et les plus faibles, sont moins pêchés parce que moins abondants (nous reviendrons sur ce point important au paragraphe 3.6.-).

Les deux phénomènes peuvent évidemment se produire simultanément. Ces hypothèses impliquent que la mortalité totale (Z) n'est pas constante et varie avec l'âge. Dans ces conditions, toute modification de la structure démographique de la population se traduit par une modification de la valeur globale de Z.

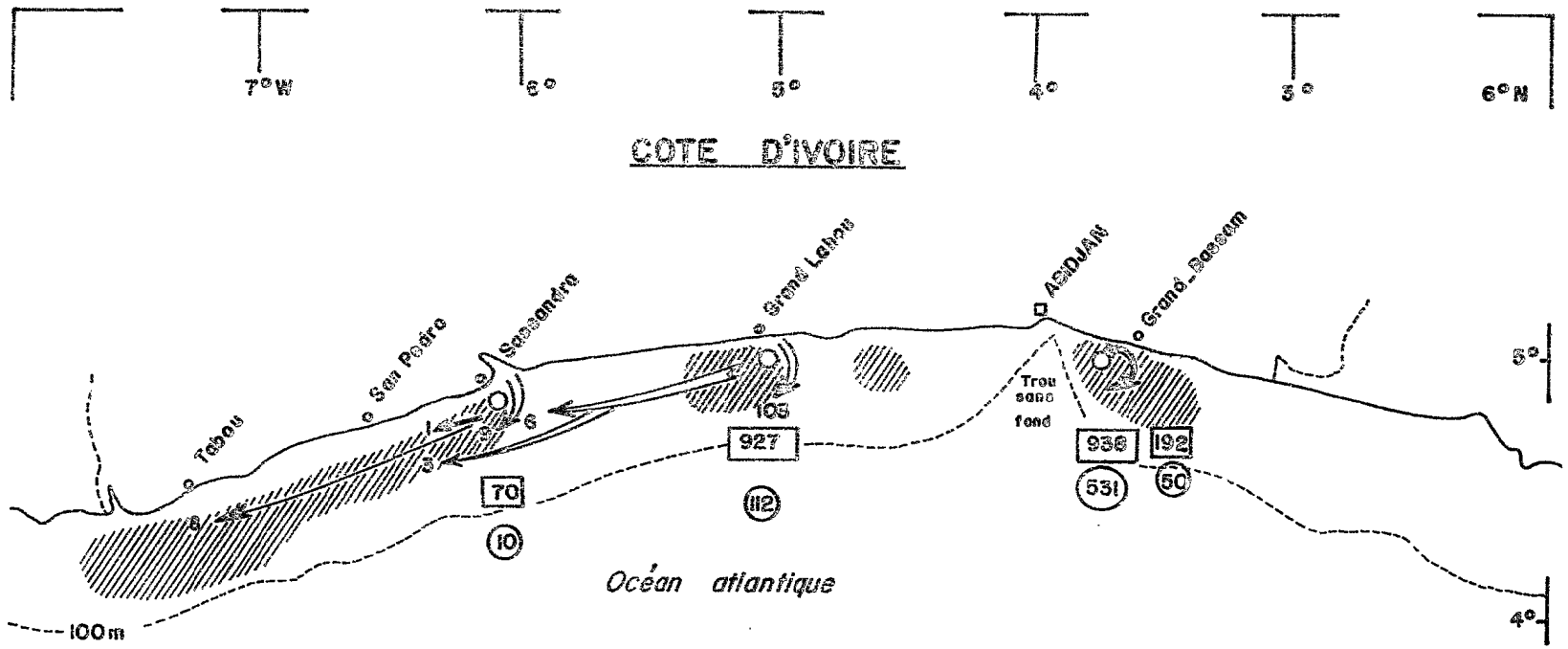
L'analyse des marquages par les méthodes classiques utilisées par tous les auteurs jusqu'à présent suppose l'hypothèse fondamentale de stabilité de Z. Ceci implique, dans notre cas, que la structure démographique de la population marquée reste identique durant toute la période d'observation, ce qui n'est pas le cas puisqu'elle vieillit. Notre estimation des mortalités sera donc, a priori, une approximation qu'il faudra utiliser avec prudence.

L'évolution du taux de recapture en fonction de la taille est en général identique pour les mâles et les femelles, mais moins net chez les mâles où l'éventail des tailles est plus étroit. Cela signifie que les structures démographiques des deux sexes sont exploitées de façon identique par la pêche et découle du fait que les distributions bathymétriques des tailles sont pratiquement similaires pour les deux sexes (GARCIA, 1974). Une exception, cependant, au mois d'août (fig. 111) où l'on observe deux phénomènes inverses, ce qui implique qu'en saison froide les répartitions bathymétriques des tailles ne sont plus similaires. Ce phénomène, qui doit être rattaché aux modifications de distribution bathymétrique des sex-ratio observés par GARCIA (1974) en saison froide, correspond probablement à un comportement sexuel que nous ne sommes pas en mesure d'expliquer.

3.3.- Migrations. (Fig. 112)

Les résultats des marquages de juillet 1972 et fevrier 1973 (GARCIA, 1973) montraient l'absence de migrations à Grand-bassam . En revanche, sur les fonds de Grand-Lahou et Sassandra, on observait des mouvements dirigés rarement vers l'est mais surtout vers l'ouest avec des vitesses minimales de 1,3 à 3,3 km/jour.

Les derniers résultats obtenus à partir de marquages d'août, octobre et novembre 1973 donnent une confirmation . Aucune crevette marquée à Grand-Bassam n'a été recapturée ailleurs. Sur 327 crevettes marquées à Grand-Lahou, 95 ont été recapturées sur place, 5 à Sassandra (5,3 %) à 120 km à l'ouest, et 3 (2,5 %) près de Monogaga à plus de 160 km du point de marquage. Les vitesses minimales observées sont de 1 à 6 km/jour avec une moyenne de 4 km/jour. Ces vitesses, relativement élevées, et la composante ouest nettement marquée, permettent de supposer que les crevettes utilisent pour leur déplacement le courant sub-superficiel ivoirien qui



Zones à crevettes

938 Nombre de crevettes marquées

531 Total recapture

Zone de marquage

36 Trajet hypothétique et nombre recapturé

Recapturées sur place

Fig. 112 - Zones de marquages et de recaptures sur le plateau ivoirien (1973)

baigne les fonds à crevettes sur toute leur étendue. Ce courant représente un débit de 200 000 m3/s vers l'ouest avec des vitesses s'échelonnant entre 0,5 et 0,8 noeuds en moyenne (LEMASSON et REBERT, 1973). Si l'on admet une période d'activité de 12 heures par jour pour les crevettes, un transport passif de 11 à 17 km/jour serait possible. Ces chiffres n'ont bien entendu qu'une valeur indicative et montrent que les vitesses de déplacement observées sont parfaitement cohérentes et explicables.

Le fond de pêche de Grand-Bassam apparaît donc comme une unité, isolée des trois autres et sans échange avec eux. Cet isolement s'explique par l'existence, à l'ouest du fond de pêche d'un canyon profond, le "Trou sans fond", et, à l'est, par plusieurs centaines de milles de fonds peu propices. Ce fond est donc celui qui se prête le mieux à une évaluation des mortalités et que nous retiendrons. Nous calculerons dans un premier temps les taux de mortalité pour l'ensemble de la population, puis nous essayerons d'obtenir des évaluations des paramètres de mortalité par âge.

3.4.- Evaluation des mortalites globales.

3.4.1.- Marquage de février 1973 à Grand-Bassam.

Les crevettes marquées de jour et celles qui mesuraient moins de 23 mm ont été éliminées pour les raisons exposées plus haut. Près de 93 % des recaptures sont obtenues pendant les 4 premières semaines. Au delà, la série devient très discontinue et inutilisable (Fig.113,A)

La superposition des courbes de fréquence des tailles correspondant :

- aux débarquements en provenance de Grand-Bassam,
- aux crevettes marquées,
- aux crevettes récupérées,

montre que les populations marquées et exploitées sont très proches sinon identiques (fig.114 A). Les résultats obtenus sont les suivants (fig.115 A).

Z/jour = 0,118

Coef.Corel. = - 0,818

1ère méthode

qNo = 9,1

No = 501

q = 0,01816

f/jour = 4 j. de pêche

donc F/jour = 0,073
F/mois = 2,19
X/mois = 1,35

Z/mois = 3,54

n = 15

2ème méthode

R = 280

R/No = 0,559

F/jour = 0,069

F/mois = 1,97

q = 0,01740

X = 1,57

Les valeurs obtenues sont très comparables et nous retiendrons donc les valeurs suivantes :

q	= 0,01778
F/jour	= 0,071
F/mois	= 2,13
X/mois	= 1,41

cette valeur très élevée de X ne correspond certainement pas, ainsi que nous le verrons plus loin, à une mortalité réelle.

3.4.2.- Marquage d'août 1973 à Grand-Bassam.

Les crevettes marquées de jour et de nuit ont été considérées séparément. La population marquée contient très peu de crevette de taille inférieure à 23 mm (LC) et aucune baisse du taux de recapture vers les petites tailles n'est sensible (fig 111,E). Nous n'avons donc pas jugé utile de les éliminer. La population exploitée par les crevettiers correspond bien à la population marquée (fig114,B). Pendant les cinq premiers mois nous avons obtenu 74, 10, 7, 7 et 1 % des recaptures. L'étude porte donc sur une période plus longue qu'en février. Les résultats sont reportés sur les fig. 115;D et E . Il apparaît très nettement que les premiers points sont nettement au-dessus de l'alignement des suivants. On observe une pente très forte au début et beaucoup plus faible par la suite. Dans ces conditions, tracer une droite de régression avec l'ensemble des points n'aurait pas de signification. Nous avons éliminé les deux premiers points et calculé les droites de régression pour les 19 semaines suivantes. Le nombre No de marques à l'origine a été réévalué en retranchant les crevettes capturées pendant les deux premières semaines et en appliquant un coefficient instantané de mortalité naturelle approché (M = 0,17), moyenne des valeurs obtenues par marquage par BERRY (1967) pour la mortalité résiduelle X. L'utilisation simultanée des deux méthodes de calcul permet d'obtenir les valeurs de F, q et X. Cette dernière est réintroduite dans les calculs à la place de la valeur empruntée à BERRY (1967) par itérations successives jusqu'à stabilisation des valeurs. Les résultats sont les suivants.

	MARQUAGE	
	JOUR	NUIT
Z/semaine	0,118	0,078
Z/mois	0,48	0,32
Coef.corel.	-0,837	-0,741
n.valeurs	12	16

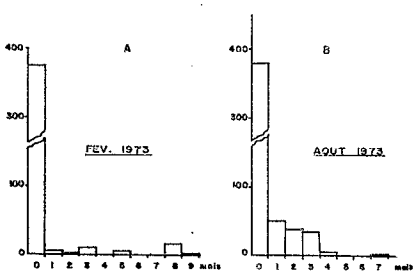


Fig. 113 - Répartitions chronologiques des recaptures

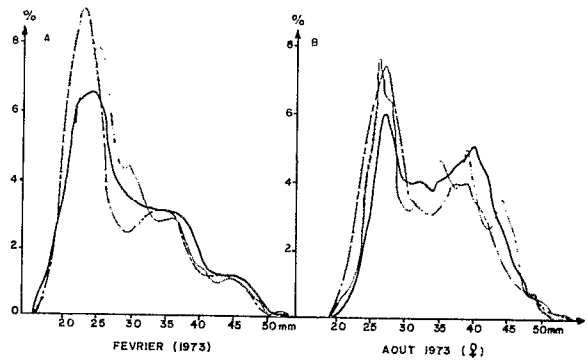


Fig. 114 - Structure démographique des crevettes marquées, récupérées et des crevettes pêchées par la flottille

— - — - Captures des crevettiers

——— Crevettes recapturées

▬▬ Crevettes marquées

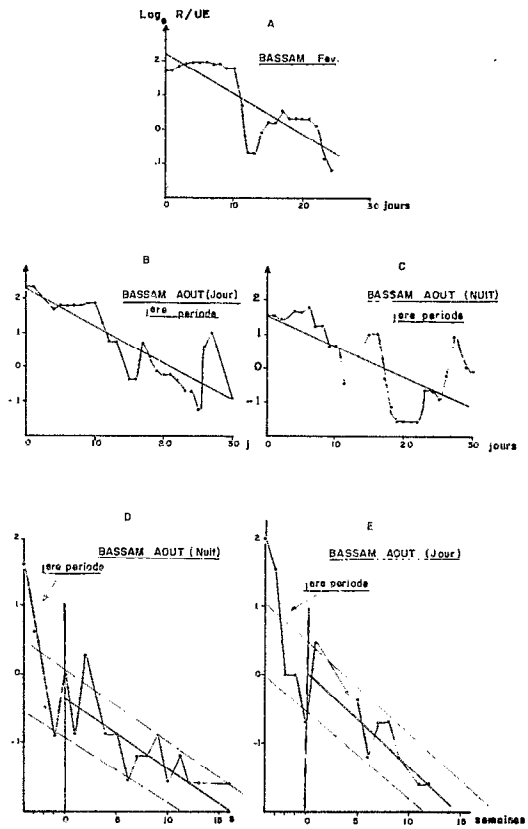


Fig. 115 - Courbes de recaptures

Première méthode

		JOUR	NUIT
	No estimé	341	202
	qNo	1,26	0,71
Effort : 34,4 j/mois	q	0,00369	0,00351
	F/mois	0,13	0,12
	X/mois	0,35	0,20

Deuxième méthode

	No estimé	351	208
	R/No	0,367	0,447
Effort : 34,4 j/mois	F/mois	0,19	0,18
	q	0,00558	0,00523
	X	0,29	0,14

Nous en retiendrons les valeurs moyennes suivantes

	JOUR	NUIT	MOYENNE
q	0,00463	0,00437	0,00450
F/mois	0,16	0,15	0,155
X/mois	0,32	0,17	0,25

Les marquages de JOUR et de NUIT donnent donc des résultats très similaires pour q et F. Le marquage de jour donne des valeurs de la mortalité résiduelle X sensiblement plus élevées que celui de nuit. La deuxième méthode donne des valeurs de F plus élevées et des valeurs de q plus fortes pouvant provenir d'une petite sous-estimation de l'effort de pêche. Les valeurs de q et X obtenues sont nettement moins élevées qu'en février. On peut isoler, dans la série chronologique des recaptures du deuxième marquage, celles qui correspondent au premier mois après le marquage pour avoir une série réellement comparable à celle de février (fig.115, B et C).

La pêche n'ayant débuté sur le fond de Grand-Bassam que 5 jours après le marquage, le Nombre No de marqués à l'origine doit être modifié pour tenir compte de la mortalité naturelle pendant ces cinq jours en prenant M = 0,17 tirés de BERRY (1967) comme valeur approchée (comme précédemment). Les résultats sont les suivants

	NUIT	JOUR
Z/jour	0,087	0,109
Z/mois	2,61	3,27
r	-0,870	-0,856
n	26	27

1ère méthode :	NUIT	JOUR
qNo	4,5	10,2
No estimé	325	584
q	0,01385	0,01746
Effort/jour	2,3	2,3
F/jour	0,032	0,040
F/mois	0,96	1,20
X/mois	1,45	2,07
2ème méthode :		
R	139	239
R/No	0,428	0,409
F/jour	0,040	0,046
F/mois	1,20	1,38
Effort/jour	2,3	2,3
q	0,01739	0,01988
X	1,41	1,89

Les moyennes de ces estimations sont

q	= 0,01714
F/jour	= 0,039
F/mois	= 1,18
X	= 1,70

La similitude de ces résultats avec ceux de février est frappante. Elle permet de supposer que le phénomène observé en août (première valeur des recaptures comparativement trop élevée) s'est également produit en février, mais n'a pu être mis en évidence à cause de la brièveté de la période d'observations. Ce phénomène conduit à des valeurs élevées de q et de X.

3.4.3.- Interprétation des résultats.

Lorsque la période d'observation est suffisamment longue on obtient des paramètres dont les valeurs sont cohérentes pour X, proches de celles trouvées par BERRY (1967) et plus faibles que celles trouvées par nos prédécesseurs pour la même espèce. On obtient parallèlement des valeurs faibles pour le coefficient instantané de mortalité par pêche/unité d'effort.

LIEU	AUTEUR	X/mois
Tortugas (Fla)	COSTELLO et ALLEN°	0,44
Sanibel (Fla)	COSTELLO et ALLEN°	0,32
TORTUGAS	KUTKUHN (1966)	2,20
TORTUGAS	BERRY (1967)	0,17

° Manuscrits non publiés - Cités par BERRY (1967).

En revanche, si l'on considère l'expérience courte de février ou une courte période initiale de 30 jours dans l'expérience d'août, les résultats sont très différents et demandent à être interprétés. Si l'on considère les valeurs de X, par exemple, il apparaît qu'elles ne peuvent pas correspondre à une mortalité réelle. En effet, si c'était le cas il ne resterait plus à la fin du premier mois que $No\ e^{-Zt}$ crevettes sur le fond doit respectivement 22 et 24 crevettes pour les marquages d'août, de Nuit et de Jour. Or nous avons récupéré respectivement 67 et 81 crevettes dans les 17 semaines suivantes. Il est donc évident que la diminution brutale du taux de recapture au début d'expérience n'est qu'une mortalité apparente et correspond, soit à une diminution de la densité des crevettes, soit à une diminution du coefficient de capturabilité q. Nous examinerons successivement les deux possibilités.

a) Diminution de la densité.

Si cette diminution rapide de densité frappe uniquement la population marquée, elle doit être considérée comme un biais et négligée. Seules les valeurs trouvées pour la période longue doivent être considérées comme valables. Mais, si elle concerne également la population non marquée et correspond à une dispersion réelle de l'ensemble du stock, elle doit être prise en considération.

Or nous savons que les crevettes ne sont pas distribuées uniformément (GARCIA, 1974) et présentent une distribution bathymétrique très caractérisée. Les plus jeunes sont cantonnées aux immersions moyennes et le vieillissement s'accompagne d'une redistribution à la fois vers les profondeurs plus faibles et plus élevées. Il est également évident que les jeunes crevettes en période de recrutement sont rencontrées en plus grande abondance dans les zones proches de l'embouchure des lagunes et qu'à partir de ces zones, elles diffusent pour occuper tout le fond de pêche. Il est donc certain que la densité apparente des crevettes d'une cohorte diminue très vite, par simple redistribution ou diffusion.

D'autre part, la pêche de type floridien permet grâce au chalut d'essai, de pêcher non plus au hasard mais de localiser l'effort sur les fortes abondances. Il en découle que sur un fond très exploité, lorsque une cohorte sort de la lagune elle est immédiatement repérée et sera fortement exploitée avant que sa distribution ne soit stabilisée.

Les deux marquages de février et août ont eu lieu pendant des phases de recrutement et contenaient une forte proportion de crevettes immatures. Ces crevettes, qui ont été rencontrées, marquées et relachées proportionnellement à leur abondance, étaient surtout concentrées dans des zones proches des embouchures. La chute de densité observée correspondrait en fait à une redistribution géographique et à une dispersion de la population marquée.

Il est donc possible que les fortes valeurs de q observées matérialisent la concentration de l'effort sur les cohortes en migration avant leur dispersion et ne soient pas un biais ou une erreur.

b) Diminution de la capturabilité.

Cette hypothèse que nous n'avions pas envisagée dans notre première publication (GARCIA, 1975) sera étayée dans les paragraphes suivants. La diminution de q pendant le marquage pourrait être due à une variation de q en fonction de l'âge ou de la saison.

. *Variation de q en fonction de l'âge.*

Nous avons admis au paragraphe 3.3.2.- la possibilité que la mortalité par pêche varie avec l'âge. Ceci entraîne comme conséquence que Z, la mortalité totale de la population marquée, n'est peut-être pas constante. Ce phénomène doit biaiser la courbe de recaptures, cependant, la structure démographique des crevettes marquées comprenant au moins 19 classes d'âge mensuelles (GARCIA, 1970), il nous semble peu vraisemblable que sur une période de 4 mois la valeur globale de F varie si fortement. Nous pensons que ce biais, qui existe certainement, est faible et ne pourrait expliquer la diminution brutale des recaptures sur 2 ou 3 semaines.

. *Variations saisonnières de q.*

Nous ne pouvons insister beaucoup sur ce point qui fait l'objet, de notre part, de recherches actuellement en cours, mais nous avons acquis la certitude que ces variations existent et qu'elles sont importantes. Plusieurs observations étayent cette affirmation.

Tout d'abord, nous savons à la suite de discussions avec les patrons de pêche les plus chevronnés que la période qui s'étend de décembre à avril est une période de rendements instables. Les concentrations de crevettes sont difficiles à localiser et les "coupures" sont fréquentes. En revanche, la période qui s'étend de juin à octobre correspond à des rendements plus stables, la détection des bancs y est plus facile.

Notre étude des rythmes nycthéméraux de rendements (GARCIA, PETIT et FONTENEAU, 1973) recoupe très nettement ces renseignements (chapitre II) :" de novembre à mars, s'étend une période caractérisée par son instabilité. Les rendements y sont alternativement plus importants de jour que de nuit et les rythmes y sont fugaces... Entre avril et septembre-octobre, les rendements de jour sont, dans l'ensemble, plus importants que les rendements de nuit..." et nous avons noté en conclusions que :"le passage d'un comportement apparent diurne à un comportement apparent nocturne ou de transition se traduit par une baisse du rendement horaire moyen de la journée... à une chute de la biomasse apparente exprimée par la prise par unité d'effort de pêche."

Enfin, un essai d'application de la méthode d'analyse des cohortes aux captures de 1973, actuellement en cours, confirme très nettement que, pour les cohortes recrutées en début d'année, le coefficient de capturabilité augmente régulièrement jusqu'en septembre-octobre puis décroît (Chap. VIII). Nous reviendront également sur ce point important un peu plus loin.

3.4.4.- Généralisation des résultats.

Nous avons obtenu une valeur de q égale à 0,00450 à Grand-Bassam. Cette valeur représente un coefficient de capturabilité moyen, correspondant à une structure démographique particulière. Si l'on admet que cette structure démographique est stable (ce qui n'est pas vrai si l'effort augmente beaucoup) et identique sur toute la Côte d'Ivoire, cette valeur peut être extrapolée aux autres fonds de pêche qui sont situés à proximité et où règnent des conditions de milieu très comparables.

Dans la mesure où nous avons utilisé des recaptures/unité d'effort au lieu de recaptures/unité d'intensité de pêche, la valeur obtenue pour q est un coefficient instantané de mortalité par unité d'effort de pêche appliquée à une superficie de 60 milles carrés. Elle ne peut être extrapolée à des fonds de superficie différente sans une correction simple qui tienne compte des différences de superficie. Par exemple

$$q_{LAHOU} = q_{BASSAM} \times \frac{S.BASSAM}{S.\ LAHOU}$$

Les résultats de cette pondération sont les suivants

Zone	Surface milles carrés	q
GRAND-BASSAM	60	0,00450
GRAND-LAHOU	80	0,00337
SASSANDRA	200	0,00135
TABOU	50	0,00540
TOUTES ZONES	390	0,00069

La valeur globale pour l'ensemble de la zone, calculée ici à titre purement indicatif, ne peut être utilisée telle quelle pour estimer la mortalité par pêche pour l'ensemble des stocks à partir de l'effort de pêche que si l'on admet que :

1°- les densités des différentes sous-populations sont identiques ; la répartition de l'effort importe alors peu. Nous verrons en analysant la pêcherie dans le chapitre suivant que les rendements observés sont pratiquement les mêmes sur l'ensemble du plateau.

2°- les densités sont différentes mais l'effort s'exerce au hasard sur ces fonds de richesse différente.

3.5.- Essai d'évaluation des mortalités par âge.

Nos marquages ont été conçus et analysés dans l'hypothèse d'une mortalité totale constante, comme l'ont fait les autres chercheurs abordant le même problème (KUTKUHN, 1966 ; BERRY, 1967 ; PENN, 1975 ; LE RESTE et MARCILLE, 1976). Les courbes de recapture en fonction de l'âge que nous avons obtenues laissent supposer que cette hypothèse n'est peut-être pas fondée. Nous allons donc tenter d'estimer des mortalités par âge en combinant ces courbes et l'estimation des mortalités globales obtenues au paragraphe précédent.

3.5.1.- La mortalité naturelle.

On a longtemps admis une mortalité naturelle constante avec l'âge. Cependant, des recherches sur des stocks vierges ont suggéré qu'elle augmente

plutôt (RICKER, 1975 page 48). LE GUEN (1971) l'a montré chez des Sciaenidés tropicaux. C'est vraisemblablement le cas pour ces Penaeïdes au moins pour les stades les plus âgés, bien qu'aucun élément ne nous permette de l'affirmer. Cependant, les captures en nombre étant surtout réalisées pendant les 7 ou 8 premiers intervalles mensuels alors que la durée de vie de la crevette en mer est au minimum de 19 mois (GARCIA, 1975), nous admettrons que l'erreur introduite en considérant M constant avec l'âge est faible.

3.5.2.- La mortalité par pêche.

En ce qui concerne les mortalités par pêche, nous disposons d'éléments beaucoup mieux étayés.

a) Répartition de l'effort en fonction de l'âge.

Nous avons souligné à plusieurs reprises que l'utilisation du gréement double de type floridien permet de localiser correctement les abondances et qu'il existe donc une relation entre elles et l'effort. Pour illustrer ce propos, nous avons calculé la répartition bathymétrique de l'effort à Grand-Bassam pendant la période 1969-70 où l'effort de pêche a été le plus important (Fig. 116). L'effort maximum est appliqué entre 35 et 45 mètres (les bornes de ces classes bathymétriques sont 32,5 et 47,5 mètres). Si l'on rapproche cette courbe de la figure 3 (chapitre I) donnant la répartition bathymétrique de l'abondance, on voit nettement que la plus grande partie de l'effort est appliquée dans la zone où l'abondance est la plus élevée.

La conséquence immédiate de cet état de fait est que les différentes classes d'âge ne sont pas exploitées avec la même intensité. Nous avons vu au chapitre II (paragraphe 4.) que les immersions moyennes sont occupées par des crevettes jeunes et que les crevettes âgées occupent les frontières de la distribution bathymétrique. Il en découle que les premières supportent une proportion plus élevée de l'effort de pêche que les secondes.

Nous avons donc calculé la proportion de cet effort appliqué à chaque classe d'âge par la méthode suivante. A la suite des campagnes expérimentales réalisées en 1969-70, nous avons pu obtenir une distribution de fréquence moyenne des tailles, pour chaque immersion prospectée, de 25 à 60 mètres. En utilisant la courbe de croissance calculée par GARCIA (1975) nous avons découpé ces histogrammes en classes d'âge et calculé la distribution de fréquence des âges à chaque immersion (Tableau I.).

L'effort de pêche appliqué à chaque tranche bathymétrique, pendant la même période, a ensuite été réparti entre les différents âges au prorata de leur importance dans la tranche considérée, puis ces efforts/âge/immersion ont été transformés en pourcentage de l'effort total, ce qui a permis de calculer le pourcentage de cet effort total appliqué à chaque âge par simple addition (Tableau II.).

Les valeurs ont été portées sur la fig .118. Il apparaît nettement que l'effort appliqué diminue rapidement avec l'âge, ainsi que nous l'avions supposé. Il est donc très vraisemblable que la diminution des taux de recaptures, quand l'âge au marquage augmente, est due en grande partie à ce phénomène.

	IMMERSIONS (en mètres)							
Age (mois)	25	30	35	40	45	50	55	60
0	4,8	17,2	23,1	17,6	8,7	0,5	0	0
1	6,3	16,0	15,6	10,6	9,0	1,3	0	0
2	5,7	11,8	8,6	11,8	8,0	1,7	0	0
3	4,2	9,6	8,1	10,2	10,0	3,5	1,1	0
4	7,0	10,1	10,3	15,0	13,4	8,5	2,2	1,0
5	12,3	8,9	10,3	10,2	11,9	12,2	8,2	1,6
6	12,0	6,7	6,5	9,9	9,7	12,7	11,2	3,2
7	11,6	5,3	5,1	4,7	7,3	11,4	10,8	6,3
8	7,9	4,2	3,5	3,4	6,8	13,0	11,0	7,8
9 à 12	19,6	7,2	6,8	4,6	10,7	18,4	31,4	28,0
13 à 19	9,3	3,1	2,0	2,2	4,3	16,6	24,1	52,2

Tableau I.- Distribution de fréquences (en %) des âges en fonction de la profondeur (campagnes expérimentales 1969-1970).

	IMMERSIONS (en mètres)								
Age (mois)	25	30	35	40	45	50	55	60	TOTAL %
0	0,06	0,87	6,82	5,72	2,12	0,03	0	0	15,6
1	0,07	0,81	4,61	3,44	2,20	0,07	0	0	11,2
2	0,07	0,59	2,54	3,84	1,95	0,09	0	0	9,1
3	0,05	0,48	2,39	3,31	2,44	0,19	0,02	0	8,9
4	0,08	0,51	3,04	4,88	3,27	0,47	0,04	0	12,3
5	0,14	0,45	3,04	3,32	2,90	0,68	0,15	0	10,7
6	0,14	0,34	1,92	3,22	2,37	0,70	0,20	0	8,9
7	0,13	0,27	1,51	1,53	1,78	0,63	0,19	0	6,0
8	0,09	0,21	1,03	1,10	1,66	0,72	0,20	0	5,0
9 - 12	0,23	0,36	2,01	1,50	2,61	1,02	0,56	0,01	(8,3)-2,1
13 - 19	0,11	0,16	0,59	0,72	1,05	0,92	0,38	0,01	(3,9)-0,6

Tableau II.- Distribution de l'effort de pêche en fonction de l'âge et de la profondeur (en pourcentages) = période 1969-70

b) Estimation des mortalités par pêche/âge.

La relation qui lie les taux de recapture (ou taux d'exploitation E) aux mortalités pour un intervalle de temps t = 1 est la suivante

$$E = \frac{F}{F + M} \left[1 - e^{-(F + M)}\right]$$

Nous avons admis que M, calculé par marquage était constant et égal à 0,25/mois. Il est donc possible, connaissant M de tracer l'abaque de la relation entre F et E (fig. 117). Cette abaque permet en retour d'estimer F pour des valeurs observées de E. Elle permet donc de transformer les courbes de pourcentages de recaptures/âge en courbes de mortalité par pêche/âge. Ce calcul a été appliqué aux deux principaux marquages de février 1973 et août 1973 pour lesquels nous avons obtenu beaucoup de recaptures au cours du 1er mois. On obtient ainsi, pour chaque marquage, une valeur globale de F déduite du pourcentage global de recapture, et une valeur de F par âge. Les valeurs obtenues pour F dépendent du niveau de l'effort de pêche appliqué pendant l'opération de recapture. Pour rendre les résultats plus facilement comparables nous avons calculé pour chaque marquage un vecteur de valeurs relatives de F en faisant

$$F \text{ (relatif)} = \frac{F \text{ (âge)}}{F \text{ (global)}}$$

Il est évident que la valeur globale de F dépend de la structure démographique, et le vecteur de F (relatif)/âge que l'on en tire, également. Les distributions de fréquences des tailles pour les deux marquages de février et août étant très similaires (voir fig. 111), les deux vecteurs de F(relatif) sont donc comparables et nous en avons fait la moyenne (Tableau III.). Les différentes courbes ont été superposées sur la fig. 118 à celle de l'évolution de l'effort (en %) en fonction de l'âge. La similitude entre les courbes tend à confirmer l'hypothèse, que pour notre part nous admettons, suivant laquelle l'évolution du taux de recapture avec l'âge au moment du marquage reflète l'évolution de la vulnérabilité avec l'âge. Notons que pour l'âge 0 on obtient un F(relatif) faible malgré un effort de pêche théorique important, ce qui implique que les crevettes ne sont pas pleinement recrutées à cet âge-là.

Nous disposons donc d'un vecteur de valeurs relatives de F/âge théoriquement utilisable pour calculer les valeurs de F/âge correspondant à toute valeur globale de F, à condition que cette dernière concerne une population de structure démographique similaire.

Le marquage d'août (2ème période) nous a permis d'estimer la valeur globale de q suivante pour l'ensemble du plateau ivoirien,

$$q = 0{,}00069$$

pour la période allant de septembre à décembre 1973. L'effort de pêche mensuel moyen appliqué à l'ensemble du plateau à cette époque est 155 jours de pêche/mois, ce qui permet de calculer, en utilisant la relation F = qf, une valeur moyenne de F

$$F = 0{,}11$$

Il est tentant de calculer un vecteur de F/âge à partir de cette valeur globale et du vecteur de F(relatif)/âge défini plus haut. Ceci implique que la structure démographique de la population marquée n'a pas trop changé pendant les 4 mois de l'opération de recapture. Or, la population capturée est plus âgée en moyenne de 2 mois que la population marquée à l'origine. Elle était constituée en août comme en février d'un maximum d'individus d'âge 1 à 4 et la fig.118 montre que F(relatif) varie peu entre ces âges. Nous admettrons donc, faute de mieux, l'hypothèse en notant toutefois que le biais introduit dans les calculs par cette approximation conduit à sous-estimer légèrement F.

Les valeurs estimées de F/âge pour la période septembre-décembre sont groupées dans le tableau III. et portées sur la fig.119. La courbe passant par ces points a été tracée à main levée et utilisée pour estimer graphiquement des valeurs "lissées" de F/âge. En divisant ces valeurs par l'effort mensuel moyen, nous avons obtenu des coefficients de capturabilité/âge (Tableau III., dernière colonne).

	FEVRIER 73		AOUT 73		MOYENNES SEPT. A DEC. 1973			
Age	F estimé	F relatif°	F estimé	F relatif°	F relatif°	F estimé	F valeurs lissées	q x 10^3
0	0,51	0,53	—	—	0,53	0,06	0,06	0,39
1	1,04	1,07	0,89	1,41	1,24	0,14	0,12	0,77
2	1,04	1,07	0,74	1,17	1,12	0,12	0,13	0,84
3	1,44	1,48	0,41	0,65	1,06	0,12	0,13	0,84
4	0,78	1,21	0,75	1,17	1,19	0,13	0,11	0,71
5	0,42	0,43	0,55	0,87	0,65	0,07	0,09	0,58
6	0,56	0,58	0,65	1,03	0,80	0,09	0,06	0,39
7	0,33	0,34	0,14	0,22	0,28	0,03	0,03	0,19
8	0,25	0,26	0,09	0,14	0,20	0,02	0,02	0,13
9 - 12	0,11	0,11	0,09	0,14	0,12	0,01	0,01	0,06
13 - 19	0,10	0,10	—	—	0,10	0,01	0,01	0,06
Global	0,97	1,00	0,63	1,00		0,11		

° F relatif = $\frac{\text{F/âge}}{\text{F global}}$

Tableau III.

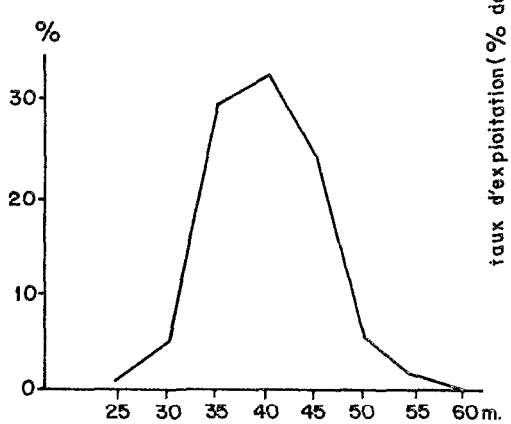


Fig.116: Répartition bathymétrique de l'éffort en 1969-70

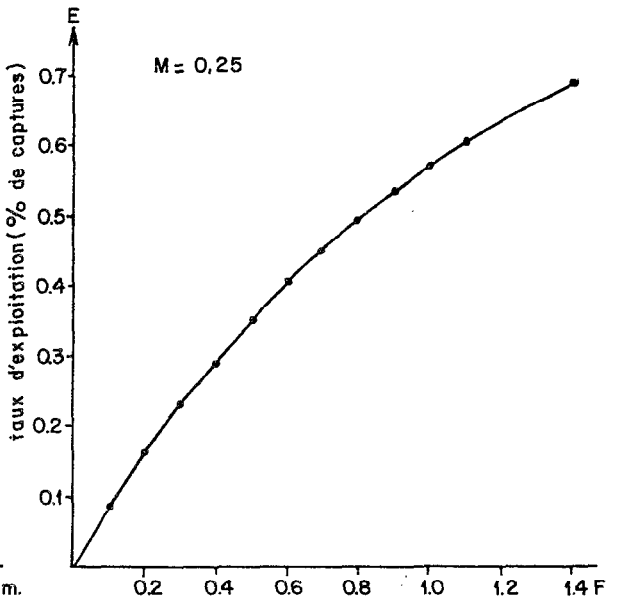


Fig.117: Relation entre F et E pour M=0.25

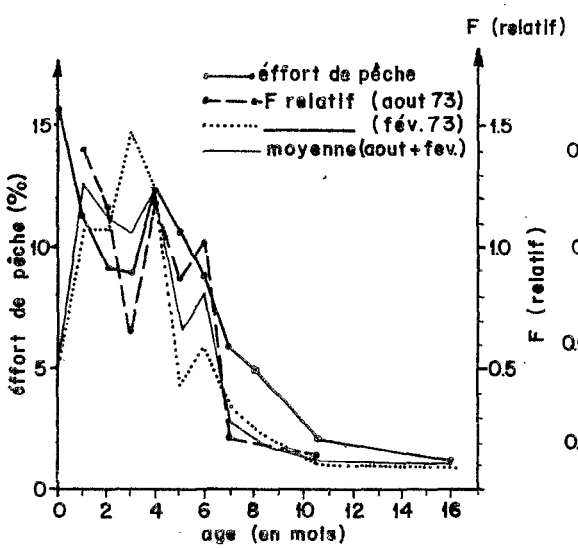


Fig.118: Mortalités par pêche relatives et effort de pêche en fonction de l'âge

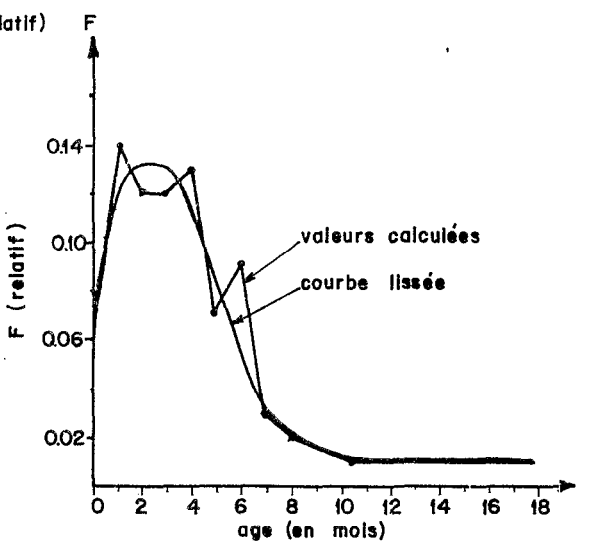


Fig.119: Evolution de la mortalité par pêche en fonction de l'age (1973)

CHAPITRE VIII

ÉVALUATION DU STOCK ET CONDITIONS OPTIMALES D'EXPLOITATION

L'exploitation des crevettes en Côte d'Ivoire se fait en deux phases. La pêcherie artisanale exploite les juvéniles en lagune au moment de leur migration vers la mer et la pêcherie maritime les exploite pendant le reste de leur vie. Ce type d'exploitation combinée est très répandue, sinon générale, pour les penaeïdes côtiers. L'évolution de chacune des phases a une incidence directe sur l'autre et il est souhaitable de les étudier et de les gérer ensemble. Les données nécessaires manquent malheureusement le plus souvent et, dans ce cas, seule la pêcherie maritime est prise en considération (KUTKUHN 1966, BERRY 1967, DOMAIN 1972, MARCILLE 1972, LE RESTE et MARCILLE 1974, JOSEPH 1971). Plus récemment, (F.A.O.1973) un essai d'intégration des deux pêcheries en un seul modèle de production a été tenté pour les pêcheries du Mozambique. La prise annuelle de la pêcherie artisanale à été ajoutée à celle de la pêcherie maritime et l'effort correspondant estimé en divisant cette prise par la prise/unité d'effort des chalutiers en mer. Cette méthode n'est utilisable que si les deux pêcheries exploitent la même structure démographique, ce qui n'est pas le cas. L'effort de pêche total ainsi calculé est donc sous-estimé.

Le biais introduit n'est pas trop grave si la pêcherie artisanale reste stable. Si en revanche elle se développe parallèlement à la pêcherie maritime, comme c'est le cas en Côte d'Ivoire, cette méthode ne peut pas donner de résultats satisfaisants.

Notre approche sera donc différente. Nous analyserons principalement la pêcherie maritime, en considérant que la pêche en lagune modifie seulement le recrutement du stock marin. Nous évaluerons ces modifications pour en tenir compte et calculer les prises théoriques en mer et les prises totales (mer + lagune) pour différents niveaux d'exploitation et mer et en lagune.

1 - CHOIX DU MODELE MATHEMATIQUE.

Il existe actuellement pour traiter des stocks monospécifiques deux principaux types de modèles. Ils sont bien connus et nous les rappellerons très rapidement : les modèles globaux ou synthétiques de l'école américaine, qu'ils soient linéaires (SCHAEFER, 1954), exponentiels (FOX, 1970) ou généralisés (PELLA et TOMLINSON, 1969), et les modèles analytiques de l'école anglaise (BEVERTON et HOLT, 1957) ou canadienne (RICKER, 1958), utilisés soit en rendement par recrue soit en simulation.

Les premiers sont les plus faciles à utiliser car ils ne font intervenir que des données de prise et d'effort de pêche. Ils permettent de définir un niveau optimal d'effort pour un stock donné et la prise équilibrée qui lui correspond. Il permet de mettre en oeuvre des règlementations basées sur des quotas de prise ou d'effort.

Les seconds sont plus exigeants et font intervenir des données plus complexes concernant la croissance, les mortalités naturelle et par pêche, l'âge à la première capture.

L'une des utilisations les plus fréquentes est le calcul du rendement par recrue en fonction de plusieurs valeurs de la mortalité par pêche et de l'effort de pêche. L'introduction du recrutement ou de la relation stock-recrues permet l'utilisation des techniques de simulation.

L'utilisation de ces modèles implique un certain nombre d'hypothèses toujours implicitement admises, bien qu'on sache parfois qu'elles sont fausses a priori. Nous allons les examiner dans le cadre de notre problème particulier.

1.1.- Les modèles synthétiques : Nous nous référons ici aux travaux de PELLA et TOMLINSON (1969) et FOX (1974).

1.1.1.- Hypothèses propres au modèle.

a) Déterminisme du modèle.

Les mécanismes de production sont considérés comme des processus déterministes. Toutes les variations de la production annuelle, autres que celles qui sont dues aux variations de l'effort de pêche sont négligées.

b) Conditions d'équilibre.

On admet qu'à chaque niveau d'effort constant correspond un état stable de la structure démographique de la population. Ceci suppose que le principal facteur controlant la taille du stock, à chaque instant, est l'effort de pêche.

c) Population unique.

On suppose qu'il n'existe qu'un seul stock, ou bien que l'ensemble des stocks étudiés réagit comme un tout. On ignore donc volontairement les interactions entre stocks. FOX (1974) a montré l'importance du taux de mélange entre stocks. Dans notre cas, la pêcherie portait à ses débuts (avant 1969) surtout sur le fond de pêche de Grand-Bassam qui, nous l'avons vu par l'étude des migrations, est entièrement isolé des autres. En fait, dès que la pêcherie a commencé à se développer, l'effort a été beaucoup plus également réparti. D'autre part, nous avons vu au chapitre VI que la densité des crevettes dans les différents stocks est comparable (fig. 95). L'hypothèse d'un stock unique est donc pour nous une hypothèse raisonnable en ce qui concerne la période après 1969. Avant cette date, les données ne sont peut-être pas directement comparables.

d) Caractéristiques stables du stock.

On suppose que la production dépend de la biomasse du stock considéré comme un tout ou encore que la production et les prises sont indépendantes de la structure démographique. Dans la réalité, il est évident que la mise en exploitation d'un stock en provoque le rajeunissement et en modifie les caractéristiques. Le phénomène peut conduire à englober dans le même modèle des données qui, en fait, suivent des modèles différents (DAGET et LE GUEN, 1974 ; FOX, 1974).

D'autre part, dans notre cas particulier, il nous est impossible de calculer la prise maximum équilibrée pour la pêcherie maritime car la pêcherie lagunaire s'est développée rapidement de 1968 à 1974 et l'augmentation des captures de juvéniles peut être assimilée à une diminution du recrutement en mer, totalement étrangère au mécanisme de production. On peut donc penser a priori que cette hypothèse n'est pas raisonnable, en ce qui nous concerne, sans une transformation des données pour tenir compte de l'exploitation lagunaire.

1.1.2.- Hypothèses concernant les données.

a) Capturabilité constante.

C'est l'un des points les plus délicats de ce type de modèle. La prise est toujours à peu près bien définie et l'effort est supposé obéir à la relation $F = qf$ tout au long de la période étudiée, et q est donc supposé constant.

Dans notre cas particulier, q varie avec l'âge ainsi que nous l'avons vu au paragraphe précédent. La valeur théorique globale de q, pour l'ensemble du stock, dépend donc de la structure démographique, elle même dépendant de l'effort. Il est donc vraisemblable que q varie fortement quand l'effort varie, au moins au cours des premières années quand le rajeunissement du stock a été le plus important.

Il faut noter d'autre part que la diminution de q avec l'âge est liée au fait que la pêche frappe surtout les classes les plus abondantes. Il est donc à craindre qu'une augmentation de l'effort se traduise, d'une part, par une augmentation du q moyen par raréfaction des classes âgées, mais également par une concentration de l'effort sur les classes restantes, sans oublier la possibilité d'une réduction de la superficie exploitée entrainant une augmentation globale de l'intensité de pêche.

b) Pas de temps de latence.

On suppose que le stock réagit à toute variation de l'effort pour atteindre immédiatement son état d'équilibre. En réalité, il y a nécessairement un temps de latence pour l'ajustement de la structure démographique, d'une part, et des paramètres dynamiques dépendant de la densité (croissance, mortalité et recrutement). Ces phénomènes de latence ont d'autant plus d'importance que le stock inclut beaucoup de classes annuelles, que l'âge à la première capture est grand, et que les variations de l'effort sont importantes.

Ce problème volontairement négligé dans l'approche de SCHAEFER (1954-1957) et de PELLA et TOMLINSON (1969) est en partie résolu par les approches de GULLAND (1961 et 1969), LE GUEN et WISE (1967) et FOX (1974). Les conditions d'équilibre sont alors approchées en reliant la prise de l'année à l'effort combiné sur plusieurs années.

Les stocks de penaeïdes étant en général composés d'une seule classe d'âge annuelle, les temps de latence doivent être extrêmement faibles.

1.2.- Les modèles analytiques de rendement par recrue.

Le cycle vital d'une cohorte exploitée est divisé en deux phases, la première de la naissance au recrutement et la deuxième du recrutement à la "réforme", définie par LE GUEN (1972) comme le processus par lequel un poisson quitte la pêcherie. La première phase est en général ignorée et seule la deuxième est connue avec précision : c'est le cas des modèles de rendement par recrue de BEVERTON et HOLT (1957) ou de RICKER (PAULIK et BAYLIF, 1967). Lorsque la première phase est également connue on a alors un modèle de simulation. Les hypothèses sous-jacentes sont plus simples.

1.2.1.- Paramètres biologiques constants.

Dans les versions les plus simples, les taux de croissance et de mortalité naturelle sont supposés constants d'une année à l'autre et indépendants, en particulier du niveau de l'effort de pêche ("density independent factors"). Le modèle de BEVERTON-HOLT suppose en plus que M et F ne varient pas avec l'âge.

La notion de rendement par recrue permet d'éviter le problème de la relation stock-recrue le plus souvent ignorée. Malheureusement, l'utilisation de cette notion conduit le plus souvent à considérer que la prise totale évolue comme le rendement par recrue ce qui n'est exact que si le recrutement annuel est constant et indépendant de la taille du stock.

1.2.2.- Déterminisme du modèle.

Tous les individus d'un même groupe d'âge sont censés avoir la même croissance, la même mortalité naturelle, la même probabilité de capture.

1.2.3.- Equilibre et hypothèse de production.

L'utilisation la plus courante des modèles de rendement par recrue suppose que le stock est en équilibre et que toutes les conditions sont stables.

La production annuelle de toutes les classes d'âge présentes dans la pêcherie est alors équivalente à la production d'une classe d'âge durant son passage dans la pêcherie. Il est évident que si cette approximation est raisonnable pour des animaux à vie longue, lorsque l'année est l'intervalle de temps utilisé, elle l'est beaucoup moins pour des penaeïdes à vie courte et pour lesquels l'intervalle de temps utilisé est le mois. Il est difficile de supposer, par exemple, que la production des 19 classes d'âges mensuelles présentes en janvier est assimilable à la production de la classe recrutée en janvier pendant les 19 mois qui suivent. En effet, les variations saisonnières de l'environnement n'étant plus masquées par un phénomène de moyenne à l'intérieur d'un intervalle annuel, prennent alors toute leur importance.

1.3.- Conclusions.

Nous avons élevé, au cours de l'énoncé des différentes hypothèses implicites, un certain nombre d'objections rendant précaire l'utilisation des modèles

considérés. Le modèle de production généralisé a été très utilisé pour l'étude des pêcheries de penaeïdes (BOEREMA 1969, JOSEPH 1971, CADIMA et al. 1972, MARCILLE 1972, LE RESTE et MARCILLE 1973, F.A.O. 1973, DOMAIN 1972, MARCILLE et STEQUERT 1974). L'utilisation de ce modèle par GRIFFIN et al. 1973 pour les pêcheries du Golfe du Mexique a été critiquée par ELDRIDGE (1974).

Dans le cas de la pêcherie ivoirienne, l'évolution de la pêcherie lagunaire peut être assimilée soit à une baisse du recrutement, soit à une augmentation de la mortalité naturelle avant le recrutement, soit encore à un changement dans la répartition de l'effort sur la structure démographique. Elle représente une modification dans l'environnement du stock, rendant inadéquate l'utilisation d'un modèle synthétique pour décrire la pêche en mer.

En outre, la vulnérabilité variant avec l'âge (chapitre VII) il est à craindre que la mortalité par pêche ne soit pas exactement proportionnelle à l'effort de pêche, à cause des modifications prévisibles de la structure démographique au cours du développement de la pêcherie.

Enfin, les modèles synthétiques ne permettent pas de préciser les conséquences d'une éventuelle modification du maillage, d'une fermeture de la pêche ou d'une règlementation de la pêche lagunaire.

Les modèles analytiques conviendraient beaucoup mieux car nous disposons de données sur la croissance et les mortalités. Ces modèles peuvent être utilisés pour représenter des situations à l'équilibre ou des situations dynamiques plus proches de la réalité en ce qui nous concerne. Le modèle de BEVERTON et HOLT (1957) utilisé pour les penaeïdes par KUTKUHN (1966) et BERRY (1967) suppose M et F constants. Il ne convient donc pas. Le modèle de RICKER (1958) est celui qui nous convient le mieux et nous nous y attarderons davantage.

2 - LE MODELE DE RICKER.

La capture instantanée, en poids, réalisée sur une cohorte, au tempt t est exprimée par

$$dY = F(t)\ N(t)\ W(t)\ dt = F(t)\ B(t)\ dt \qquad (1)$$

où Y est la prise poids, F(t) le coefficient instantané de mortalité par pêche, N(t) le nombre d'individus, W(t) leur poids moyen et B(t) leur biomasse.

En intégrant cette fonction sur la durée de vie d'une cohorte on obtient la prise totale réalisée sur cette cohorte

$$Y = \int_{t_R}^{t_\lambda} F(t)\ N(t)\ W(t)\ dt = \int_{t_R}^{t_\lambda} F(t)\ B(t)\ dt \qquad (2)$$

où t_λ est l'âge maximum moyen d'un individu dans la pêcherie, et t_R l'âge au recrutement. BEVERTON et HOLT (1957) ont proposé une solution de cette équation en exprimant les 3 paramètres F, N et W comme des fonctions du temps. RICKER (1958) en propose une solution approchée fondée sur le principe, classique en analyse numérique, de discrétisation, utilisant le fait que toute fonction peut être approchée par une fonction "en escalier". La période d'observation sera donc subdivisée en intervalles de temps suffisamment courts pour que les coefficients instantanés de croissance et de mortalité puissent être considérés comme constants. La capture réalisée pendant un intervalle de temps Δt_i est alors.

$$Y_i = \overline{F}_i \, \overline{N}_i \, \overline{W}_i \, \Delta t_i = \overline{F}_i \, \overline{B}_i \, \Delta t_i \qquad (3)$$

où les paramètres $\overline{F}_i$, $\overline{N}_i$ et $\overline{W}_i$ sont les moyennes arithmétiques des valeurs aux bornes des intervalles. La prise totale équilibrée est alors obtenue en faisant la somme des captures élémentaires

$$Y = \sum_{i=1}^{n} Y_i \qquad (4)$$

RICKER propose une autre solution de calcul : si l'on considère que la biomasse évolue de façon exponentielle dans un intervalle, si G_i, F_i et M_i sont les coefficients instantanés de croissance et de mortalité considérés comme constants dans cet intervalle, et N_i le nombre d'individus au début de l'intervalle

$$N_{i+1} = N_i \, e^{-(F_i+M_i)(t_{i+1} - t_i)} \qquad (5)$$

De même le poids individuel W_i devient

$$W_{i+1} = W_i \, e^{G_i(t_{i+1} - t_i)} \qquad (6)$$

où G_i, le taux de croissance exponentiel considéré comme constant dans l'intervalle est calculé par

$$G_i = \mathrm{Log}_e \frac{W_{i+1}}{W_i} \qquad (7)$$

La biomasse en t_{i+1} est égale à

$$B_{i+1} = N_{i+1} \times W_{i+1}$$

$$= N_i \, e^{-(F_i + M_i)(t_{i+1} - t_i)} \times W_i \, e^{G_i(t_{i+1} - t_i)}$$

$$= N_i \, W_i \, e^{(G_i-F_i-M_i)(t_{i+1} - t_i)}$$

$$= B_i \, e^{(G_i - F_i - M_i)(t_{i+1} - t_i)} \qquad (8)$$

La biomasse développée dans l'intervalle compris entre t_i et t_{i+1} sera

$$\overline{B}_i = \int_{t_i}^{t_{i+1}} B_i \, e^{(G_i - F_i - M_i)(t - t_i)} \, dt \qquad (9)$$

ce qui donne en intégrant

$$\overline{B}_i = B_i \, \frac{e^{(G_i - F_i - M_i)(t_{i+1} - t_i)} - 1}{(G_i - F_i - M_i)} \qquad (10)$$

De même, la capture totale réalisée dans le même intervalle sera

$$Y_i = F_i \, \overline{B}_i \qquad (11)$$

et la capture totale pendant toute la durée de la vie de la cohorte sera obtenue comme précédemment (équation 4) en faisant

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

Lorsque le pas de discrétisation est suffisamment petit il n'y a pas de différence entre les approches arithmétiques et exponentielles (RICKER 1975-p.239).

Cette méthode de calcul du rendement équilibré par recrue connaît un intérêt croissant avec la vulgarisation de l'informatique. Un programme de calcul a été rédigé par GALES du Fishery Research Institute de l'Université de Washington (PAULIK et BAYLIFF 1967, ABRAMSON 1971). L'avantage de la méthode d'intégration pas à pas est qu'elle ne demande pas d'approximer par une fonction mathématique l'évolution de F, M et W dans le temps. Elle utilise directement les valeurs observées à chaque intervalle. Ainsi que nous l'avons rappelé plus haut, ce modèle admet, qu'à l'équilibre, la production d'une classe d'âge pendant toute sa vie est égale à la production de toutes les classes d'âges pendant un seul intervalle de temps. Ceci implique que le recrutement soit considéré comme constant.

Dans notre cas, l'utilisation de classes mensuelles rend cette hypothèse fausse car le recrutement suit des variations saisonnières très marquées. Il est donc nécessaire de modifier le modèle en conséquence.

3. PRINCIPE DE LA TECHNIQUE DE SIMULATION

Nous avons utilisé un programme écrit par LAUREC et BRANELLEC (sous presse), basé sur le principe décrit dans le paragraphe précédent. Les captures et la biomasse mensuelles sont égales à la somme des captures et biomasses calculées pour chacune des 12 cohortes recrutées de janvier à décembre ayant, chacune, son recrutement propre. Les captures ainsi obtenues sont l'équivalent d'un rendement par recrue car si les variations saisonnières du recrutement sont prises en compte pour le calcul, le niveau annuel du recrutement est considéré comme constant. Ce niveau annuel peut être un nombre théorique (1000 recrues par exemple) et l'on obtient alors des rendements théoriques, mais il est possible d'utiliser un recrutement annuel tel que les prises simulées soient proches des prises observées. Le modèle se rapproche alors des conditions réelles d'exploitation, aux variations annuelles du recrutement près.

La solution exponentielle de l'équation de RICKER a été retenue. Les paramètres utilisés et les calculs effectués sont les suivants : (l'indice i désigne une strate d'âge, variant de 1 à 19, et j est une strate mensuelle variant de 1 à 12).

3.1.- Croissance en poids.

Nous avons utilisé les clés âges-longueurs obtenues au chapitre VI pour les âges 0 (date d'arrivée en mer) à 18 mois, que nous avons transformées en clés âges-poids en utilisant la relation longueur-poids donnée par PETIT (1970). Les bornes des intervalles ont été calculées en faisant la moyenne arithmétique des valeurs adjacentes. Le taux exponentiel de croissance est calculé en utilisant l'équation (7).

3.2.- Mortalité naturelle : M

Nous l'avons supposée constante avec l'âge et l'époque.

3.3.- Coefficient de capturabilité par âge : q

Les valeurs utilisées sont tirées du chapitre VII, paragraphe 3.6.- Ces valeurs sont multipliées par l'effort de pêche standardisé pour calculer des mortalités par âge suivant la formule classique

$$F_{ij} = q_i \times f_j$$

3.4.- Calcul de la biomasse totale développée pendant un mois.

$$\overline{BM}_j = \sum_{i=1}^{19} \overline{B}_{ij}$$

3.5.- Calcul des captures mensuelles.

$$YM_j = \sum_{i=1}^{19} Y_{ij}$$

3.6.- Calcul de la valeur des captures.

Lorsque le prix de l'unité de poids dépend de la taille, donc de l'âge, il est utile d'évaluer le produit de la pêche en valeur et non plus en poids. Si l'on connait pour chaque âge la valeur P_i de l'unité de poids (Fig.120), la valeur mensuelle de la capture sur une cohorte est simplement $(Y_i \times P_i)$ et la valeur totale pour l'ensemble des cohortes sera

$$PM_j = \sum_{i=1}^{19} (Y_{ij} P_{ij})$$

3.7.- Calcul de la fécondité théorique.

LE GUEN (1970) a introduit la notion de fécondité théorique par recrue. La fécondité d'un individu en nombre d'ovules augmente avec son poids et donc avec son âge. La fécondité globale d'un stock est la résultante des fécondités individuelles. La pêche modifie la structure démographique et, par conséquent, la fécondité théorique. Il est possible, si l'on dispose d'un indice de fécondité (FE_i = nombre d'oeufs par gramme de poids) variant avec l'âge, de calculer la fécondité totale théorique équilibrée,

$$FM_j = \sum_{i=1}^{19} (B_{ij} FE_{ij})$$

Ainsi calculé ce paramètre n'est pas d'une grande utilité, mais exprimé en valeur relative par rapport à la fécondité du stock vierge, il permet de calculer, pour chaque niveau d'effort envisagé, le niveau relatif du potentiel théorique de reproduction (dans l'hypothèse d'un recrutement annuel constant).

Lorsque ce niveau relatif devient très faible, il est évident que l'on approche de la zone dangereuse de la relation stock-recrue, celle où les 2 grandeurs deviennent proportionnelles quelle que soit l'allure de la relation stock-recrue.

Ainsi que le souligne LE GUEN (1971) la reproduction annuelle dépend de la fécondité du stock mais également du nombre de pontes. Ce dernier est inconnu

et varie probablement d'une année à l'autre. Ce nombre étant, a priori, indépendant de la pêche, nous pouvons le considérer comme constant. En revanche, nous avons vu (chapitre I. figure 1.) que le pourcentage de crevettes au stade (IV + V) augmente régulièrement avec la taille, ce qui signifie que les individus âgés sont observés mûrs plus souvent que les jeunes. Si l'on admet, comme nous l'avons fait, que le stade (IV + V) est très fugace et conduit rapidement à la ponte, on doit logiquement admettre que les individus âgés pondent plus souvent que les jeunes. La fécondité théorique à un âge donné peut donc être exprimée par le produit entre la fécondité (en nombre d'ovules/gramme de poids) et la fréquence d'observation de la maturité pour cet âge (en %).

Nous avons utilisé la relation de fécondité calculée par MARTOSUBROTO (1974) pour *P. duorarum* dans le Golfe du Mexique. Nous avons supposé que la relation entre le poids du corps et le nombre d'ovules était identique pour *P. d. notialis* de la côte d'Afrique, à partir de 30 mm (taille à la première maturité sexuelle). Avant cette taille la fécondité est nulle (fig. 120).

4 - ANALYSE PONDERALE

Les calculs ont été effectués en simulant dans un premier temps des conditions d'équilibre, c'est à dire que l'effort est supposé constant, en valeur et en répartition saisonnière. Dans un deuxième temps les conditions réelles observées de 1969 à 1975 ont été simulées. Dans les deux cas le recrutement varie saisonnièrement mais son niveau annuel reste constant d'une année à l'autre.

4.1.- Production équilibrée.

4.1.1. - Ajustement du modèle.

Les réponses du modèle ont été testées sur l'année 1973 car c'est celle où nous avons effectué les marquages qui nous ont permis de calculer les paramètres de mortalité. Les calculs ont été effectués séparément pour les deux sexes puis additionnés, pour tenir compte des différences dans les courbes de croissances respectives.

Le recrutement nécessaire pour obtenir l'égalité des prises totales annuelles simulées et observées est de 58.10^6 recrues/sexe. Les courbes de variations mensuelles des P.U.E. observées et simulées ont été tracées sur la figure 121. La courbe des P.U.E. simulées est évidemment identique, dans son évolution, à celle de la biomasse simulée (voir fig. 130) mais elle est décalée par rapport à la courbe des P.U.E. observées en 1973 d'environ 2 mois. Ce déphasage peut théoriquement avoir trois origines : une mauvaise évaluation du cycle annuel du recrutement, une surestimation de la mortalité naturelle ou une variation saisonnière de la capturabilité des crevettes.

Compte tenu des données disponibles sur la ponte, la migration des larves, la migration des juvéniles et le recrutement en mer, la première hypothèse ne nous semble pas devoir être retenue.

La mortalité naturelle a été estimée par marquage, elle pourrait donc être surestimée. Un essai avec M = 0,12 par exemple (valeur inférieure de 50 %

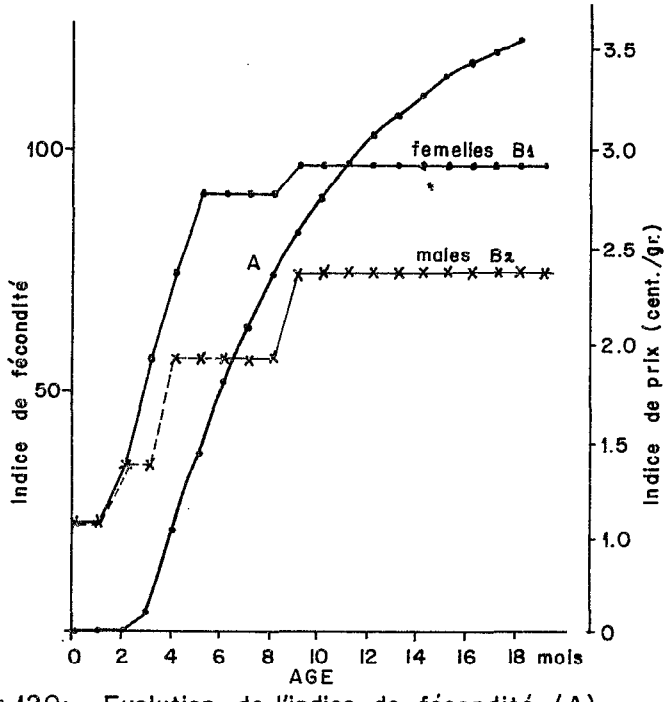


Fig.120: Evolution de l'indice de fécondité (A) et de prix (B) en fonction de l'age

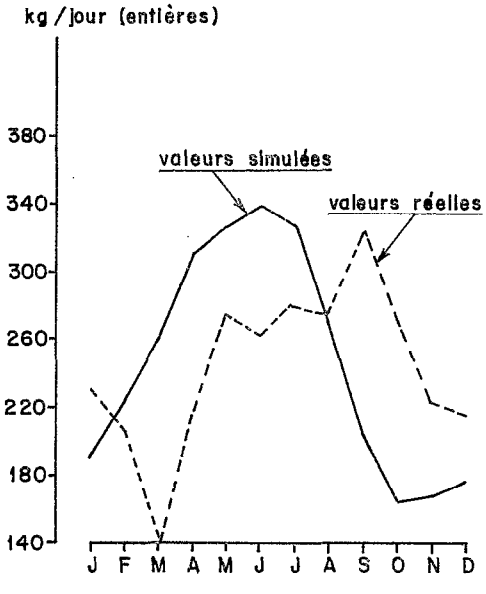


Fig. 121 : Variations saisonnières des P.U.E observées et simulées

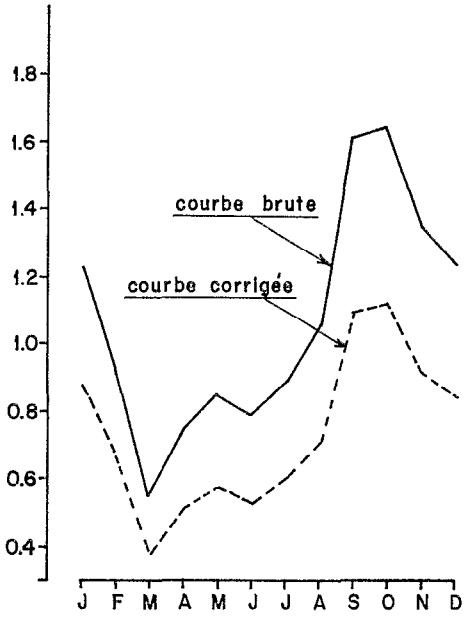


Fig.122: Variations saisonnières du rapport P.U.E observée / P.U.E simulée en 1973.

à la valeur estimée) permet de réduire le décalage à un mois environ. Cette hypothèse ne doit pas être rejetée à priori. Nous ne pouvons cependant pas la prendre en compte dans ce travail car nous n'avons aucun élément positif pour l'étayer et aucun moyen objectif de choisir une valeur inférieure à 0,25. D'autre part l'allure particulière de la courbe des valeurs réelles, et, en particulier le minimum de mars, et les pics secondaires de mai et octobre correspondant aux deux saisons des pluies nous incitent à rechercher plutôt une interprétation de ce décalage par un phénomène saisonnier.

Ainsi, il est possible que les courbes de P.U.E. observées reflètent davantage des variations saisonnières de la vulnérabilité de l'ensemble du stock que des variations réelles de la biomasse.

Les variations du rapport P.U.E. observées / P.U.E. simulées, sont à cet égard très intéressantes (fig. 122). La courbe "brute" passe par un minimum en mars puis augmente jusqu'en octobre. Nous avons souligné aux chapitres II et VI (paragraphes 3.5.3.) la possibilité de l'existence de variations saisonnières de la vulnérabilité des crevettes. Celle-ci serait "minimum de novembre à mars et maximum d'avril à octobre", suivant en cela le cycle annuel de la turbidité dont l'importance sur les rendements a été soulignée au chapître II.

Il est donc tentant de considérer que la courbe représentée sur la figure 122 est liée à une telle variation de la vulnérabilité.

Nous utiliserons, pour étayer cette hypothèse, les résultats provisoires d'une analyse des cohortes actuellement en cours et portant sur les captures de 1973. La méthode de MURPHY généralisée par TOMLINSON (1970) et le programme qu'il a écrit ont été utilisés suivant le processus inverse qui consiste à estimer un vecteur de F/age à partir d'une estimation de M et de F pour le dernier intervalle de temps. Les résultats concernant la cohorte recrutée en février1973 ont été portés sur la figure 123. L'augmentation de q (égal à F/f) de février à septembre apparaît nettement.

Un dernier, et très important argument en faveur de cette hypothèse peut être trouvé dans la comparaison des cycles annuels de P.U.E. observés en Côte d'Ivoire et au Nigéria où les conditions climatiques sont du même type et où le cycle vital est similaire. Les eaux y sont, en revanche, très turbides toute l'année et les modifications saisonnières du comportement apparent des crevettes moins sensibles (chapître II). Le cycle annuel des P.U.E. passe par un maximum entre mai et juillet puis décroît jusqu'en mars. Il est donc décalé par rapport au cycle des P.U.E. mais confondu avec le cycle de la biomasse théorique observée en Côte d'Ivoire. On peut donc penser qu'au Nigéria les variations saisonnières de vulnérabilité sont peu importantes et que la P.U.E. y est un bon indice de l'abondance alors qu'en Côte d'Ivoire ces variations sont un trait dominant de la pêcherie et entraînent un déphasage entre le cycle annuel de la biomasse réelle et celui des P.U.E.. Nous reviendrons plus loin sur l'importance de ce phénomène dans la gestion du stock.

L'analyse des cohortes devrait nous permettre de quantifier ce phénomène de façon indépendante mais pour l'instant nous allons le faire à l'aide d'un artifice de calcul et admettre que le rapport entre la P.U.E. observée et la P.U.E. simulée en est une approximation raisonnable. Les résultats obtenus dans la suite de ce travail dépendront donc de la validité de cette correction qui devra être réévaluée par des méthodes totalement indépendantes avant que l'on puisse les considérer comme définitifs.

La correction saisonnière ne peut être utilisée telle quelle. Nous avons en effet estimé les mortalités par pêche par marquage pendant la période septembre-décembre 1973, c'est à dire dans l'hypothèse ci-dessus, pendant une période de disponibilité élevée. Nous avons donc calculé la moyenne des rapports P.U.E. observée/P.U.E. simulée, de septembre à décembre et la correction saisonnière définitive pour chaque mois a été estimée en divisant la valeur correspondante par cette moyenne (courbe corrigée, fig. 122).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Qj	0,84	0,64	0,38	0,51	0,58	0,53	0,60	0,71	1,10	1,12	0,92	0,85

La mortalité par pêche par âge (i) et par mois (j) a été estimée en faisant : $F_{ij} = (f_j \times Q_j) \times q_i$

où q_i est le coefficient de capturabilité/âge et Q_j la correction saisonnière, dépendant du mois et indépendante de l'âge. Après introduction de cette correction dans le calculs, le recrutement nécessaire pour que la prise totale annuelle simulée égale la prise observée est alors de 76.10^6 recrues par sexe (ou 152.10^6 recrues en tout).

4.1.2.-Taux d'exploitation des juvéniles

Le recrutement théoriquement nécessaire pour produire la prise 1973, si le modèle utilisé est correct est de 152.10^6 de recrues. Les captures lagunaires en 1973 sont de 517 tonnes de juvéniles dont le poids moyen individuel est 3,8 grammes (d'après la relation longueur-poids établie par GALOIS, 1975), ce qui donne un effectif d'environ 136.10^6 individus.

La pêche en lagune peut être considérée comme instantanée dans le cycle vital d'une cohorte, et correspond à une simple amputation du recrutement potentiel. Celui-ci peut donc être estimé en 1973 à 289.10^6 individus avant toute exploitation. Il en découle que le taux d'exploitation global en lagune en 1973 est de 0,47. Ce chiffre nous paraît tout à fait plausible compte tenu de l'extension de la pêcherie artisanale et de l'efficacité de la pêche (chapître V).

4.1.3. - Production équilibrée à recrutement constant (fig. 124)

Nous avons calculé la prise et la P.U.E. théorique, en mer, correspondant à des niveaux d'effort de 50, 100, 200, 300 jours/mois soit 600, 1 200, 2 400 et 3 600 jours par an, ce qui couvre la gamme des efforts réellement appliqués entre 1969 et 1975. Deux solutions ont été envisagées ; d'une part (courbe A') la conservation d'une pêcherie artisanale prélevant 47 % du recrutement annuel (recrutement résiduel = 152.10^6 recrues), et d'autre part (courbe A) la suppression de toute exploitation des juvéniles pendant leur migraption (recrutement = 289.10^6 recrues). L'effort a été uniformément réparti dans l'année. Les conditions d'équilibre ont été approchées en simulant pour chaque niveau d'effort une situation de pêche stable pendant 36 mois. (Les résultats montrent que la situation est stabilisée après 18 mois).

Afin de comparer les réponses du modèle à la réalité, nous avons porté sur la figure 124 les couples prise-effort observés.

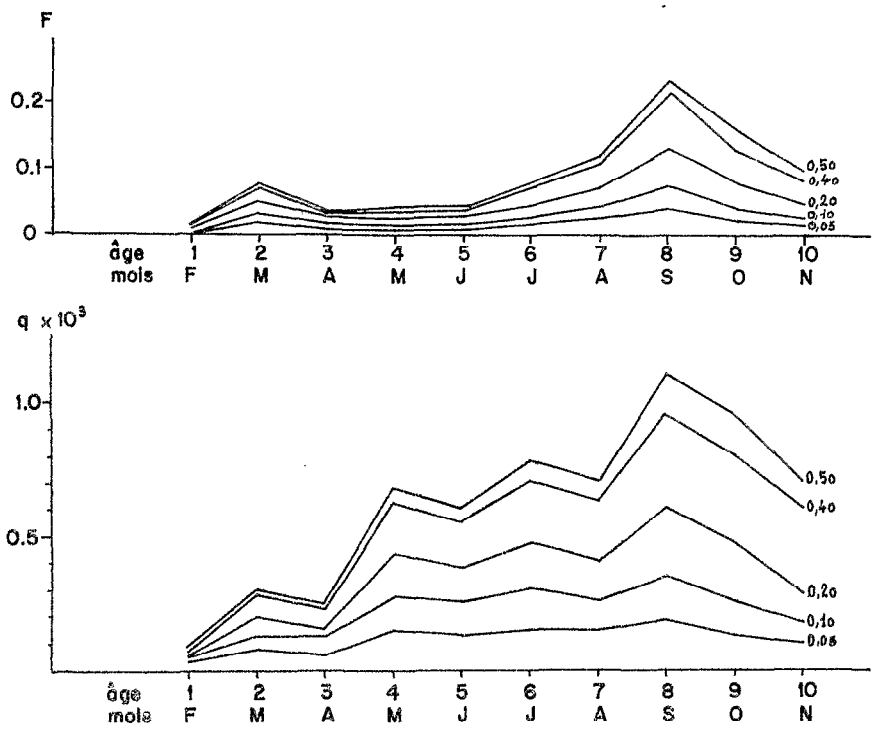


Fig.123: Evolution de F et q pour la cohorte recrutée en février 1973 (pour M=0,30) (résultats provisoires non publiés)

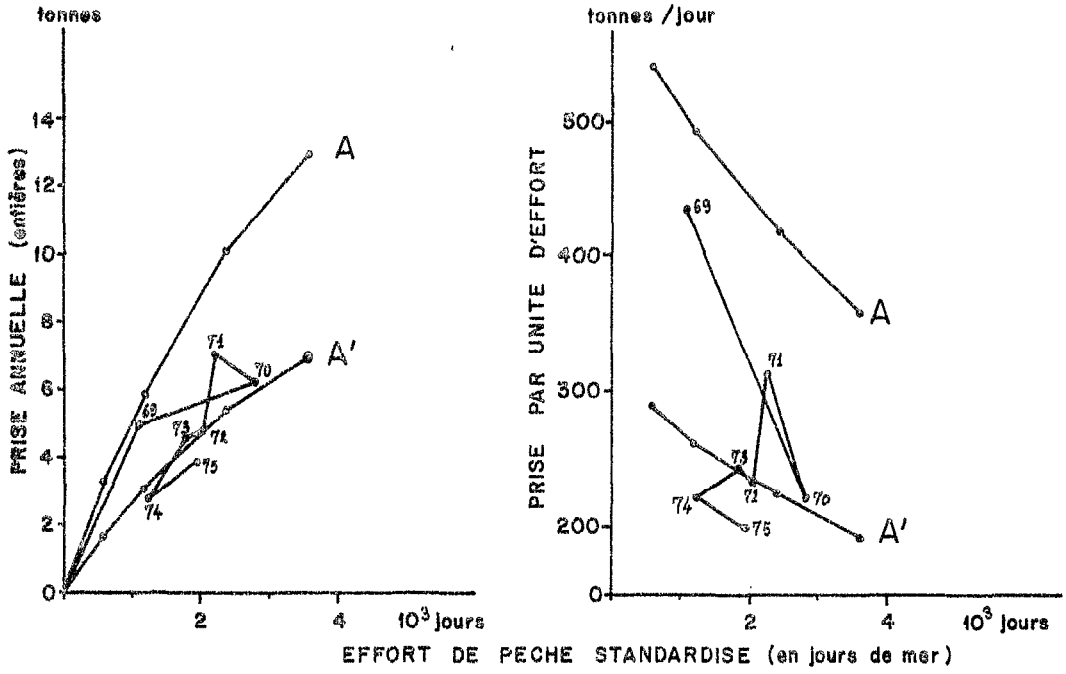


Fig.124: Relations entre la prise annuelle, l'effort, les P.U.E observées et les courbes théoriques (à recrutement constant).
A: sans pêche lagunaire. A': avec pêche (E= 0,47)

L'effort observé est l'effort réel calculé à partir de l'activité des crevettiers telle que nous l'avons enregistrée, après standardisation pour tenir compte des différences dans les puissances de pêche des différentes unités (chapître VI, paragraphe 3).

	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
J	44	177	162	112	215	86	119
F	46	138	157	219	187	46	142
M	79	194	240	146	260	68	135
A	67	163	103	153	140	47	186
M	66	241	226	154	58	69	235
J	57	255	165	146	65	60	165
J	66	302	182	101	89	101	165
A	113	286	200	139	171	167	165
S	60	279	162	181	215	163	183
O	98	241	240	234	164	106	149
N	221	258	196	231	137	174	148
D	203	262	230	237	145	257	154
Total	1120	2796	2263	2053	1846	1244	1946

Efforts de pêche standardisés

On note que l'année 1969 se situe près de la courbe A et que les années 1972 à 1975 se situent nettement sur la courbe A'. Les années 1970 et 1971 sont entre les deux courbes A et A'. Ce résultats prend tout son intérêt si l'on se rappelle que la pêche lagunaire s'est développée rapidement de 1969 à 1971 et qu'elle est stabilisé pratiquement depuis cette date (chapître V). On observerait donc l'influence du développement de la pêche artisanale sur les captures en mer, et le passage d'un modèle à recrutement élevé à un modèle à recrutement réduit.

4.1.4. - Simulation de l'évolution réelle de la pêcherie

La pêcherie n'a en réalité jamais été réellement à l'équilibre car l'effort annuel ainsi que sa répartition saisonnière ont constamment varié. Nous avons donc utilisé la séquence réelle d'efforts de pêche observée depuis 1969 pour estimer les prise théoriques. La situations stable qui a précédé le développement de la pêcherie a été simulée par deux années consécutives d'effort dont le niveau a été estimé à 10 jours de pêche par mois en morte saison et 60 jours par mois pendant la bonne saison. Cette approximation reflète vraisemblablement la réalité, et la pêcherie simulée démarre donc en 1969 sur un stock très peu exploité. Les courbes observées et simulées, portées sur la figure 125, sont très semblables et les différences sont intéressantes. En effet, les prises réelles de 1969 et 1971 sont nettement au-dessus des valeurs simulées alors que celles de 1974 et 1975 sont au-dessous. Ceci peut signifier que le recrutement réel a été supérieur au niveau 1973 pour les années précédentes et inférieur à ce même niveau pour les deux années suivantes, pour des raisons liées à l'hydroclimat, ou à l'exploitation.

4.1.5. - Premières conclusions

Nous avons estimé l'évolution théorique de la production pour diverses valeurs de l'effort, à recrutement constant, avec ou sans pêche artisanale dont le taux d'exploitation en 1973 a été estimé à 47 %. Les deux courbes A et A' obtenues (fig. 124) sont de type exponentiel pour la gamme d'efforts envisagés. Les couples prise-effort observés semblent indiquer un passage de la courbe A à la courbe A' entre 1969 et 1975, période de développement de la pêche artisanale, confirmant l'interaction entre l'exploitation artisanale des immatures et l'exploitation industrielle des adultes.

La simulation de la pêcherie, dans les conditions réelles de son développement depuis 1969, conduit à une bonne superposition des courbes observée et simulée et laisse supposer que le recrutement de la pêcherie maritime a baissé entre 1969 et 1975.

Ces deux utilisations différentes du modèle conduisent aux conclusions suivantes :

. le modèle reproduit correctement les réactions du stock, au moins dans la gamme des efforts réellement observés,
. le recrutement du stock marin a vraisemblablement varié au cours de la période considérée.

Il est important maintenant d'évaluer la production optimale de ce stock et le niveau d'exploitation correspondant : la réponse n'est pas simple. Les modèles utilisés en dynamique des stocks supposent le plus souvent que ces derniers sont à l'état stable. Dans notre cas, non seulement la pêcherie maritime n'a jamais été vraiment équilibrée mais le recrutement a vraisemblablement été affecté de façon croissante par le développement de la pêche artisanale. Nous disposons donc de deux courbes A et A' (fig. 124) pour prévoir l'évolution des captures en mer en fonction de l'effort avec 0 ou 47 % de l'exploitation artisanale (niveau 1973). Mais des courbes supposent que le recrutement est totalement indépendant du stock, de sa biomasse, de sa structure démographique. Il est possible, étant donné la fécondité élevée des pénaeïdes, que cela soit le cas, au moins jusqu'à un certain niveau d'exploitation. L'état d'avancement actuel de nos recherches ne nous permet pas de connaître la nature de l'éventuelle relation stock-recrutement. L'exploitation artisanale, en 1973, correspond à une diminution de 47 % du potentiel de reproduction, paragraphe 5 et que l'effort appliqué en mer en 1973 sur les survivants amène théoriquement ce potentiel à environ 30 % de celui du stock vierge. Avec une telle réduction, l'hypothèse d'un recrutement constant et indépendant du stock doit être considérée avec prudence.

4.1.6. - Utilisation du modèle synthétique

Une solution prudente consisterait à représenter l'évolution de la pêcherie maritime par un modèle de production équilibrée (de type Schaefer) qui suppose l'existence d'une forte relation de type Ricker entre le stock et le recrutement, et de fixer comme limite provisoire au développement de la pêcherie, le point où cette courbe diverge de la précédente. Malheureusement, l'évolution de la pêche lagunaire implique que les propriétés du stock marin ont changé entre 1969 et 1975 ; utiliser ces données pour calculer un modèle de production à des

fins de prédiction n'a pas beaucoup de sens. Nous avons donc estimé, en utilisant les résultats du paragraphe précédent, les prises annuelles théoriques en l'absence totale de pêche artisanale, et en présence d'une pêche avec un taux d'exploitation stable et égal à 47 % (niveau 1973). Nous avons en effet noté (fig. 125) des écarts entre les prises annuelles observées et simulées, positifs de 1969 à 1971 et négatifs après 1973, et suggéré que ce phénomène pouvait être relié à une modification du recrutement en mer :Nous allons utiliser cette hypothèse . Les calculs sont regroupés dans le tableau suivant (page 193).

Nous avons calculé l'écart P (colonne 4) entre les prises observées et simulées. Il est évident dans notre pêcherie, que le recrutement de l'année fournit la plus grande part de la prise totale. Il a lieu en début d'année (centré sur février) et, compte tenu des taux de mortalité observés la participation de ce recrutement aux captures de l'année suivante est faible. Dans ces conditions nous assimilerons les écarts P à des différences de recrutement entre la situation simulée et la réalité. On peut donc calculer le recrutement théorique R' nécessaire pour obtenir les prises totales observées en mer (colonne 6). Les prises en lagune pendant la même période sont connues, en poids et en nombre (col. 7 et 8). En l'absence totale d'exploitation artisanale ces crevettes auraient participé au recrutement. (le temps de passage dans la pêcherie étant très faible nous supposerons que M est nul pendant cette période). Le recrutement total théorique R" peut donc être estimé (col. 9). Le rapport entre R" et le recrutement de départ (152.10^6 recrues) permet d'estimer la prise théorique totale en l'absence de pêche artisanale (col.11). Cette prise aurait bien entendu été réalisée par les bâteaux présents de 1969 à 1975 ; leur effort annuel est connu (col. 13) on peut donc calculer la prise par unité d'effort théorique correspondante (col. 14). Les couples prise théorique-effort ont été portés sur la figure 126. La droite de régression ajustant la relation entre la prise par unité d'effort et l'effort permet de tracer la courbe de production équilibrée correspondante :

$$P.U.E. = - 0,12\ f + 734,2 \qquad r = 0,64 \qquad n = 7$$

Prise maximale (MSY) = 1123 tonnes

Effort optimum = 3059 jours de pêche

La prise par unité d'effort à l'origine est donc de 734,2 kg/jour de pêche. Notons que selon les armateurs, pendant la période 1964-1966, correspondant à un effort annuel très faible (300 jours de pêche environ), les chalutiers ne recherchaient la crevette que lorsque les rendements dépassaient 1 tonne/jour, ceci pendant la bonne saison. Le résultat obtenu est un rendement annuel moyen, il est donc très cohérent. Cette courbe de base (fig. 126,B) permet maintenant de tracer tous les modèles de Schaefer dérivés, pour différents taux d 'exploitation lagunaire. Il suffit d'amputer les prises annuelles d'une proportion égale à ces taux d'exploitation.

Nous avons calculé (col. 16) les P.U.E. théoriques en mer pour un taux d'exploitation lagunaire de 47 % (situation 1973). Les valeurs ont été portées sur la figure 126 et le modèle de production équilibré correspondant est le suivant (courbe B')

PROCESSUS DE CALCUL DES MODELES SYNTHETIQUES

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	A_R	B	$(B-A_R)$	C	R+(R.C)		D	R'+D	E	$A_R \times E$	$A_{R''} \times 0,53$			
Année	Prise simulée (1)	Prise réelle	P	P/A_R	R'(mer) $\times 10^6$ (2)	PRISE LAGUNE Tonnes	PRISE LAGUNE Nombres $\times 10^6$	R" (3)	$\frac{R''}{R}$	Prise théorique $A_{R''}$ (4)	Prise théorique (5)	Effort	PUE (4)	PUE (5)
1969	291	487	196	+ 0,67	254	286	75	329	2,16	629	333	1121	551,1	297,1
1970	612	624	12	+ 0,02	155	305	80	235	1,55	949	503	2795	339,5	180,0
1971	507	705	198	+ 0,39	211	621	163	374	2,43	1247	661	2262	551,3	292,2
1972	477	477	0	0	152	476	126	278	,83	673	463	2054	425,0	225,4
1973	426	457	31	+ 0,07	163	517	136	299	1,83	779	413	1646	422,0	223,7
1974	328	278	- 50	- 0,15	129	636	167	296	2,29	751	396	1245	603,2	319,7
1975	469	387	- 82	- 0,17	126	782	206	332	2,63	1253	553	1948	633,6	335,6

(1) Prise simulée pour R = 152.10^6 recrues.
(2) R' = recrutement théorique pour obtenir les prises observées.
(3) R" = recrutement théorique si la pêche artisanale avait été supprimée.
(4) $A_{R''}$ = prise théorique et PUE en l'absence de pêche artisanale.
(5) Prise théorique et PUE en mer si on applique un taux d'exploitation artisanale de 47 %.

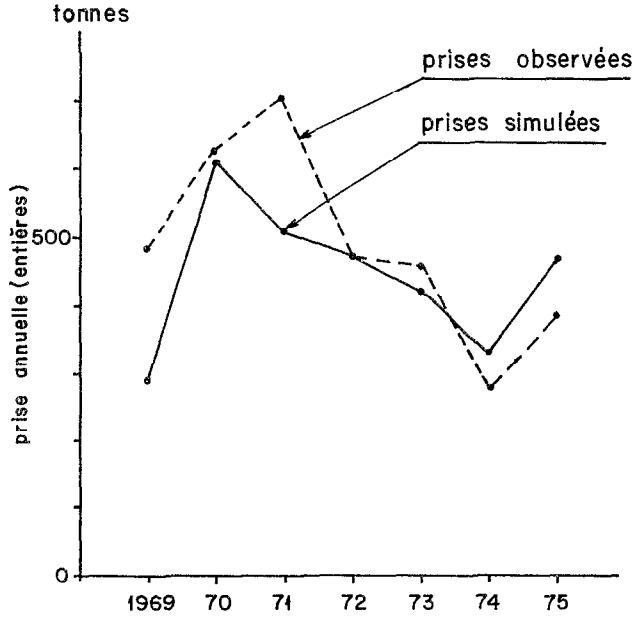


Fig. 125 - Comparaison des prises annuelles observées et simulées

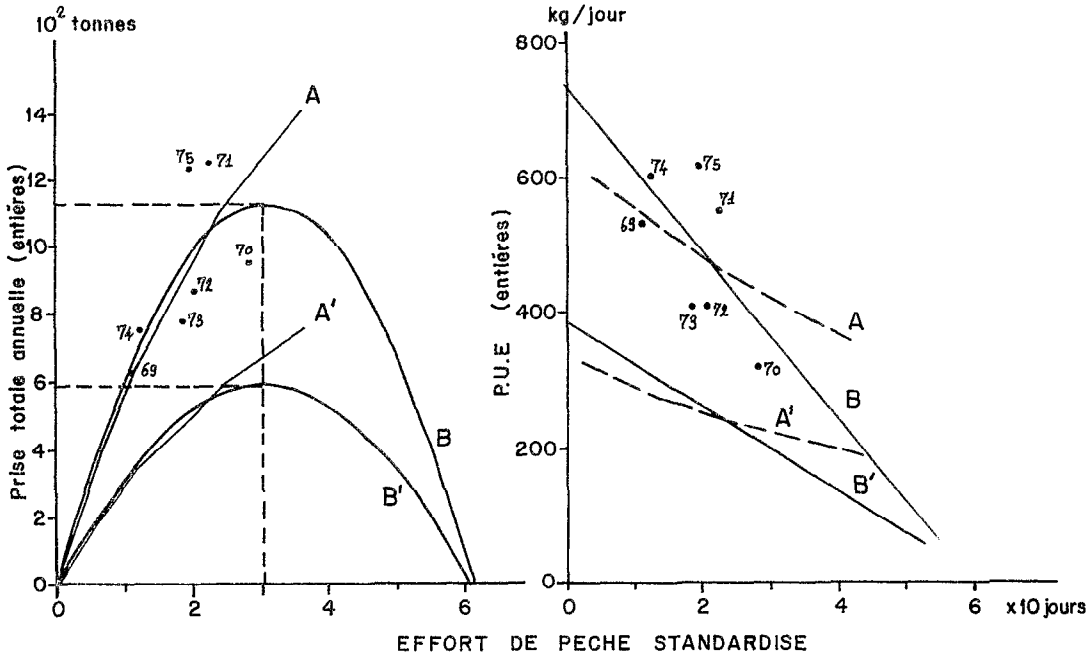


Fig. 126 - Evolution théorique des prises et des P.U.E. en fonction de l'effort en mer, avec (A' et B') et sans pêche artisanale (A et B)

P.U.E. = - 0,064 f + 388,8 r = 0,64 n = 7

Prise maximale (MSY) = 590 tonnes

Effort optimal = 3037 jours de pêche.

La moyenne des recrutements théoriques (R") calculés en colonne 9 est de 306 x 106 individus. Nous avons donc utilisé cette dernière estimation pour calculer les courbes de prise équilibrée en fonction de l'effort dans le cas d'un recrutement constant, avec pêche artisanale nulle (courbe A') ou un taux d'exploitation de 47 % (courbe A).

Les deux courbes A et A', portées sur la figure 126 sont donc équivalentes aux courbes A et A' de la figure 124, mais correspondent au recrutement moyen annuel de 1969 à 1975 (soit 306.10^6 recrues) au lieu du recrutement estimé pour 1973 (269.10^6 recrues).

Le modèle de RICKER à recrutement constant (courbes A et A') et celui de SCHAEFER (courbes B et B') donnent donc des réponses équivalentes tant que l'on se trouve à un niveau d'effort inférieur à la prise maximum équilibrée (M.S.Y.).

Tant que la relation stock-recrutement n'aura pas été élucidée, il convient donc de ne pas dépasser 3050 jours de pêche (d'un crevettier type de 250 CV tirant deux chaluts de 18 mètres). En l'absence de toute pêche artisanale la prise maximale équilibrée serait en moyenne de 1123 tonnes. Au niveau 1973 d'exploitation lagunaire (47 %), la prise maximum équilibrée tombe à 590 tonnes en moyenne.

L'exploitation lagunaire pouvant être assimilée à une simple amputation de la biomasse recrutée, les prises maximums équilibrées peuvent être estimées pour n'importe quel taux d'exploitation lagunaire, si une règlementation intervenait, visant à réduire ce type de pêche. En revanche, en cas de développement de l'exploitation artisanale au-delà des niveaux observés, le modèle ne doit pas être utilisé car on ne peut préjuger des modifications éventuelles de recrutement.

4.1.7.- Action de la pêche en lagune sur la prise totale.

Dans le paragraphe précédent nous avons examiné l'action de la pêche en lagune sur les captures réalisées en mer : toute exploitation en lagune se traduisant par une baisse des possibilités de production du stock marin. Il faut également évaluer les conséquences de la pêche en lagune sur la prise totale (mer + lagune). Si l'on compare, sur le tableau suivant, la prise totale annuelle réalisée effectivement de 1969 à 1975, la prise théorique en cas de suppression de la pêche en lagune (colonne 11 du tableau précédent), on voit qu'il en aurait résulté une perte variant de -8,4 à + 22,1 % suivant les cas.

	Prise mer	Prise lagune	Prise totale	Prise théorique (1)	Perte %
1969	487	286	773	629	18,6
1970	624	305	929	949	-2,1
1971	705	621	1326	1247	5,9
1972	477	478	955	873	8,6
1973	457	505	962	779	19,0
1974	278	686	964	751	22,1
1975	387	772	1159	1233	-6,4

(1) sans pêche lagunaire, avec 306.10^6 recrues.

Le phénomène peut être étudié de façon plus complète en calculant les prises équilibrées obtenues pour des efforts de pêche en mer variant de 600 à 3600 jours/an et des taux d'exploitation en lagune variant de 0 à 50 %, dans le cas d'un recrutement constant et égal à la moyenne des recrutements théoriques de 1969 à 1975, soit 306.10^6 recrues (tableau suivant et figure 127).

Jusqu'à 2 400 jours de pêche/an, toute réduction de la pêche en lagune se traduit par une diminution de la prise totale. Le résultat d'une telle règlementation est négatif, et ceci s'explique par le fait que la biomasse totale est maximum d'avril à juillet (fig. 130) alors que la vulnérabilité, qui varie saisonnièrement, est minimum pendant la même période (fig. 122).

Ce phénomène souligne l'importance des variations saisonnières de vulnérabilité pour des pêcheries d'espèces à cycle court. Ces variations saisonnières dont l'existence est suggérée par nos connaissances sur la biologie de l'espèce et son comportement (chapitre II) doivent donc être évaluées de façon aussi précise que possible. Les valeurs utilisées dans ce travail et calculées au paragraphe 4.1.1.- de ce chapitre doivent être considérées comme très provisoires car elles n'ont pas été calculées de façon indépendante.

5 - ANALYSE ECONOMIQUE.

La valeur de l'unité de poids dépend de la taille et donc de l'âge des individus. L'évolution du poids et de la valeur d'un individu ne sont pas identiques et bien que les courbes soient similaires les conclusions peuvent être différentes suivant que l'on considère le rendement pondéral ou le rendement financier de la pêcherie. Il faut noter que nous parlerons uniquement de valeur brute, sans tenir aucun compte des coûts de l'exploitation.

Evolution de la prise totale en fonction
du % d'exploitation en lagune et de l'effort de pêche en mer (R = 306.10^6 recrues)

A	B		R" - B	PRISES (en tonnes)							
% expl. lagune	Nb capturés en lagune (millions)	Tonnage lagune (x 3,8g)	Recrues en mer	600 j.		1200 j.		2400 j.		3600 j.	
				Prises mer	Total	Prises mer	Total	Prises mer	Total	Prises mer	Total
0	0	0	306	351	351	639	639	1090	1090	1406	1406
10	31	118	276	316	434	573	691	977	1095	1261	1379
20	61	232	246	281	513	511	743	871	1103	1124	1356
30	92	350	215	246	596	447	797	761	1111	982	1332
40	123	467	184	210	677	382	849	651	1118	841	1307
50	153	581	153	175	756	318	899	542	1123	699	1280

Evolution de la valeur totale des prises en fonction
du % d'exploitation en lagune et de l'effort de pêche en mer (R = 306.10^6 recrues)

A	B			Valeur des captures °							
% Expl. (lagune)	Nb.capturés (lagune) (x 10^6)	Tonnage (lagune)	Valeur ° (lagune)	600 j.		1200 j.		2400 j.		3600 j.	
				Mer	T	Mer	T	Mer	T	Mer	T
0	0	0	0	627	627	1104	1104	1887	1887	2369	2369
10	31	118	124	564	688	993	1117	1697	1821	2131	2255
20	61	232	244	502	746	884	1128	1511	1755	1897	2141
30	92	350	367	439	806	773	1140	1321	1688	1658	2026
40	123	467	490	376	866	661	1151	1134	1624	1421	1911
50	153	581	610	333	943	552	1162	943	1533	1184	1794

° Valeur C.A.F. (France) en millions de Francs français

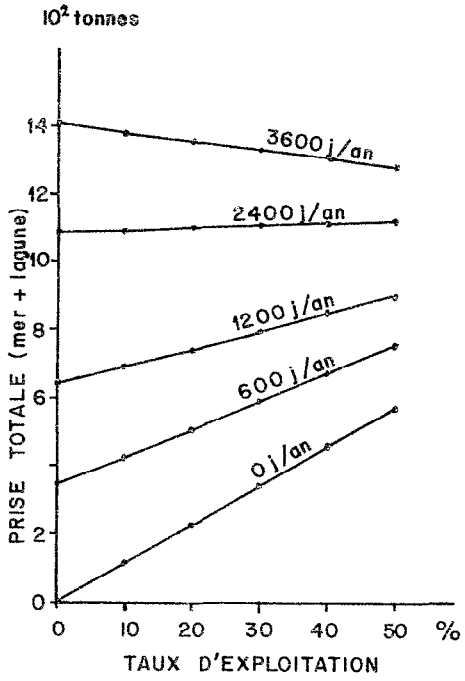


Fig. 127 - Variations de la prise totale en fonction de l'effort de pêche en mer et du taux d'exploitation en lagune.

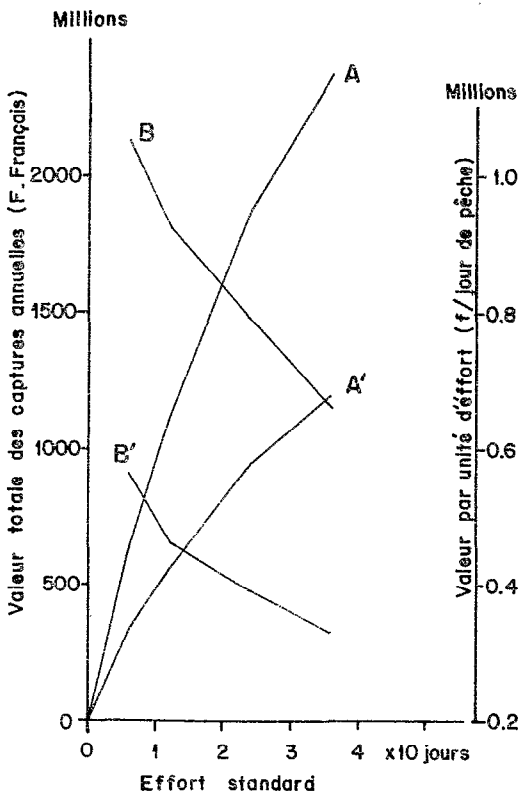


Fig. 128 - Evolution théorique de la valeur des captures en mer et de la valeur par unité d'effort en fonction de l'effort.
A et B = sans pêche lagunaire
A' et B' = avec

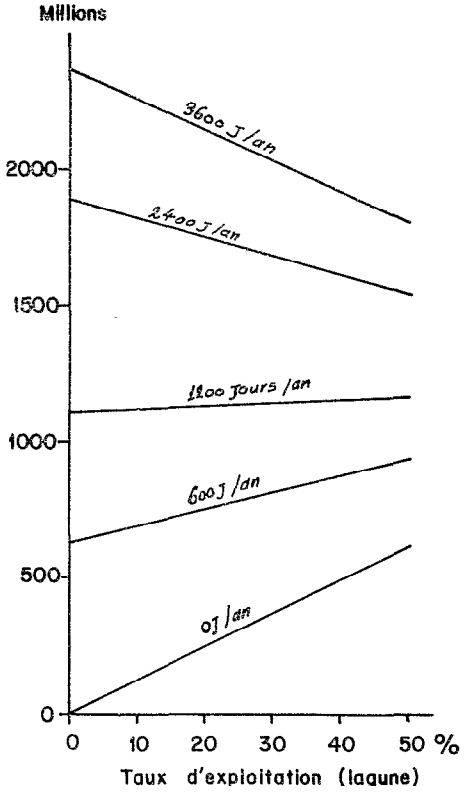


Fig. 129 - Variation de la valeur totale des captures en fonction de l'effort de pêche en mer et du taux d'exploitation en lagune.

Nous avons donc calculé, pour chaque sexe, l''évolution de l'indice de prix avec l'âge (fig. 120), à partir des prix pratiqués sur le marché français en 1975 (valeurs C.A.F.). Ces prix sont les suivants.

Nombre/kg (entières)	Prix/kg (Francs)	Prix/gr	âges relatifs correspondants	
			♂	♀
⩽ 20	29,0	2,90	—	9 à 19
21-30	27,5	2,75	—	5 à 8
31-40	23,5	2,35	9 à 19	4
40-60	19,0	1,90	4 à 8	3
60-90	13,5	1,34	2 et 3	2
⩾ 90	10,5	1,05	0 et 1	0 et 1

L'évolution de la valeur des captures annuelles en mer et de la valeur/unité d'effort a été portée sur la figure 128 . Les courbes sont du même type que celles de l'évolution des captures et P.U.E. en poids en fonction de l'effort, et pour les mêmes raisons. La valeur maximale du stock est en effet atteinte en juin-juillet alors que les captures sont surtout réalisées pendant la deuxième partie de l'année. Les courbes ont été volontairement interrompues au niveau d'effort correspondant au M.S.Y. car, au delà, la mécannaissance de la relation entre le stock et le recrutement rend toute extrapolation dangereuse.

L'évolution de la valeur des captures totales (mer + lagune) en fonction de l'effort de pêche en mer et du taux d'exploitation en lagune est portée sur la figure 129. Rappelons que l'analyse pondérale avait montré que de 0 à 2400 jours de pêche/an, toute réduction de la pêche en lagune se traduisait par une diminution de la prise totale. Du point de vue économique, les conclusions sont légèrement différentes. Jusqu'à 1200 jours de pêche en mer par an, la réduction de l'exploitation en lagune réduit la valeur totale des captures. Au delà, cette valeur augmente quand le taux d'exploitation en lagune diminue.

Au niveau actuel de la pêche en mer (proche de 2000 j/an) une diminution de la pêche en lagune se traduirait donc par une diminution des captures mais par une augmentation de leur valeur totale.

6 - BIOMASSE THEORIQUE.

L'évolution saisonnière de la biomasse théorique a été calculée (fig.130 pour un stock vierge (courbe 1) et pour un taux d'exploitation lagunaire de 50 %

proche du niveau actuel et un effort en mer 0,600, 1200, 2400, 3600 jours de pêche/an (courbes 2 à 6). Pour les raisons exposées au paragraphe 4.1.6.- nous n'avons pas envisagé de niveau d'effort supérieur à celui qui correspond au M.S.Y.

La biomasse théorique est maximum en juin pour le stock vierge (fig.130 , A). Ce maximum se décale très légèrement entre la courbe 1 et 6 lorsque l'effort appliqué augmente. Nous avons noté au paragraphe 4.1.1.- que la courbe de biomasse théorique étant décalée par rapport à la courbe des P.U.E. observées en Côte d'Ivoire, mais semblable à la courbe des P.U.E. observées au Nigéria.

L'observation de la biomasse annuelle moyenne (fig.130, B) en valeur absolue et relative (par rapport au stock vierge) montre que le facteur le plus important de la diminution de la biomasse est l'exploitation lagunaire dont le taux approche les 50 % (paragraphe 4.1.2.-).

L'exploitation marine au niveau maximum observé (en 1970) correspond à une diminution supplémentaire de 18 % seulement au niveau d'effort correspondant au M.S.Y. (3050 jours) la diminution supplémentaire est de 20 %.

Globalement, au niveau actuel de la pêcherie d'environ 2000 jours de pêche par an, en mer, et un taux d''exploitation des juvéniles de 50 %, la biomasse théorique est égale à 38 % de celle du stock vierge.

7 - FECONDITE THEORIQUE.

Cette notion introduite par LE GUEN (1971) a été jusqu'à présent peu utilisée. C'est évidemment une notion très théorique dans la mesure où, la relation stock-recrutement n'étant pas connue, il est impossible de relier cette grandeur à la capacité réelle de reproduction du stock. Cependant, les variations de la fécondité théorique relative, exprimée par rapport au stock vierge, en fonction de l'effort de pêche, indiquent les variations du potentiel de reproduction du stock.

L'évolution saisonnière de la fécondité théorique a été portée sur la figure 131 A. Le potentiel de reproduction est minimum en avril-mai et maximum en septembre-octobre. Il y a là une similitude entre la fécondité théorique et le cycle de la reproduction que nous avons observé (chapitres III et IV), que nous exploiterons au chapitre suivant.

Nous avons représenté sur la figure 131,B l'évolution de la fécondité relative en fonction de l'effort de pêche. Comme pour la biomasse théorique, l'exploitation des immatures en lagune est responsable de la plus grande partie de la perte de potentiel reproducteur (environ 50 % au niveau d'exploitation actuel). Dans ces conditions l'exploitation marine au niveau maximum observé (1970) correspond à une diminution supplémentaire proche de 25 %. Au niveau du M.S.Y. (3050 jours) cette diminution supplémentaire est pratiquement inchangée.

Au niveau actuel de la pêcherie, c'est à dire avec 2000 jours de pêche en mer par an et un taux d'exploitation lagunaire de 50 %, la fécondité théorique est égale à 30 % de celle du stock vierge.

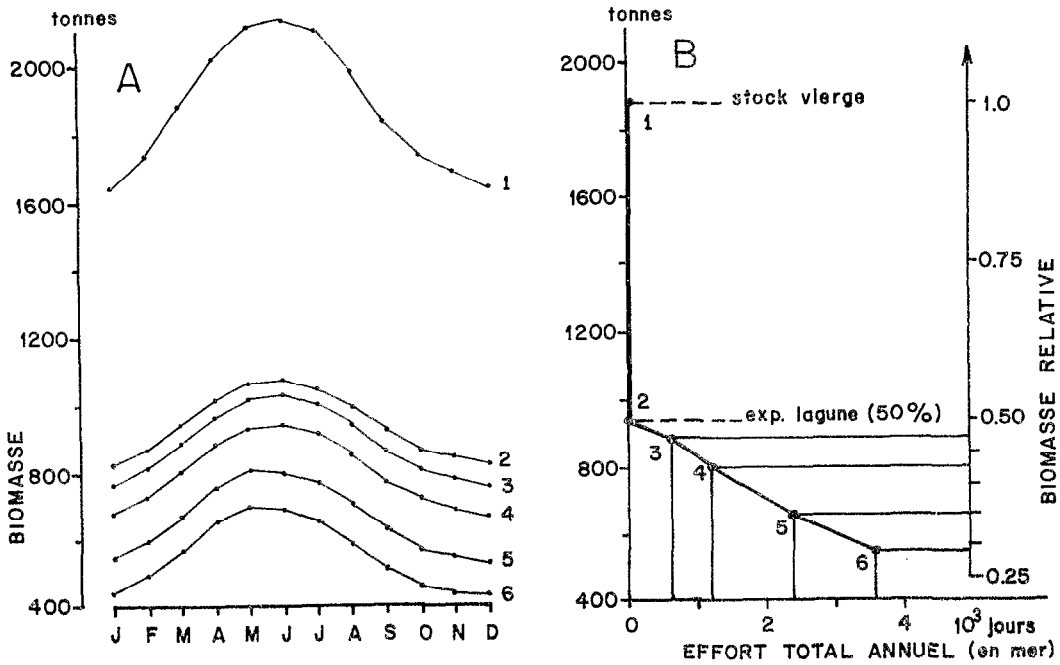


Fig. 130 - Evolution de la biomasse sous différentes conditions d'exploitation

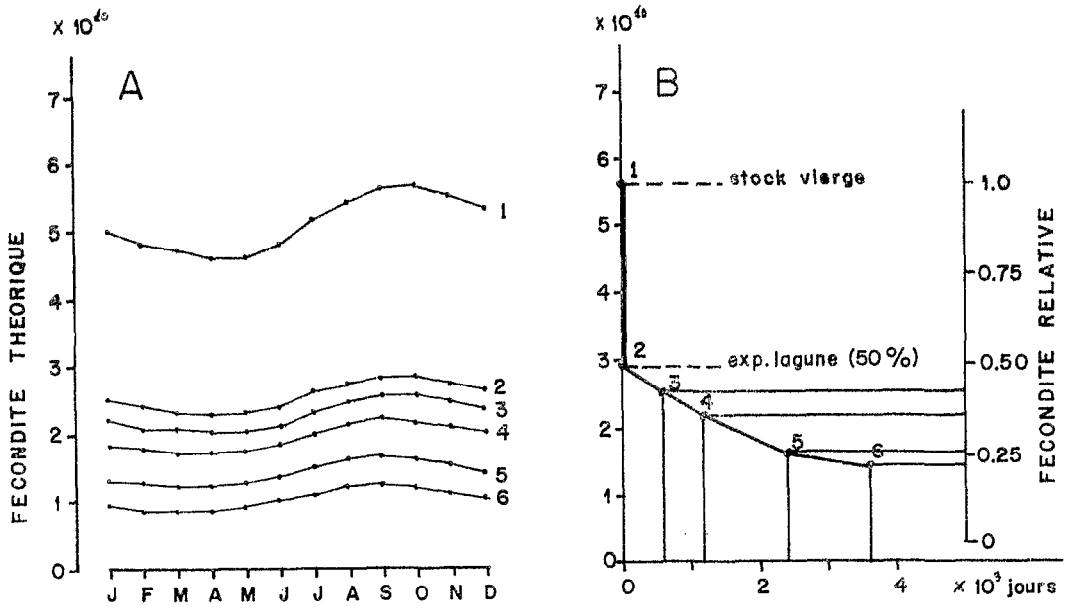


Fig. 131 - Evolution de la fécondité théorique sous différentes conditions d'exploitation

Il faut rappeler unpoint essentiel. Nous avons noté au chapitre V (paragraphe 7) que l'âge reel au moment de la mâturation sexuelle est de 6,7 mois environ.Or, l'exploitation commence dès l'âge de trois mois et demi, au moment de la migration et la mortalité par pêche subie par une cohorte est maximale de 3,5 à 7 mois, c'est à dire en grande partie avant que les crevettes aient pu participer à la reproduction. Le risque d'extinction du stock est dans ce cas très grand, et il est nécessaire de souligner l'extrême danger qu'il y aurait à autoriser l'intensification de l'exploitation lagunaire et en particulier la mise en exploitation intensive des estuaires peu ou pas exploités à l'heure actuelle.

CHAPITRE IX

LA REPRODUCTION ET LES CONDITIONS DU MILIEU

Le cycle annuel de la reproduction a été, au cours du présent travail, abordé sous trois aspects différents : les variations de la proportion de femelles mûres parmi les femelles adultes (LC $\leqslant$ 30 mm), celles de l'abondance des postlarves à l'entrée de la lagune Ebrié et celles de la fécondité théorique. Les données ne sont pas de même nature mais sont toutes rattachées au phénomène de la ponte. Nous examinerons en détail leurs avantages et inconvénients respectifs.

Les résultats obtenus aux chapîtres III et IV seront repris ici et comparés aux résultats publiés par d'autres auteurs pour essayer de faire le point sur nos connaissances en ce qui concerne la liaison entre la reproduction et les conditions de milieu. Nous essayerons en particulier d'évaluer dans quelle mesure la théorie défendue par CUSHING (1975) sur la liaison entre les cycles annuels de la reproduction et de la production du milieu sont applicables aux penaeïdes.

1 - CRITIQUE DES DONNES DISPONIBLES.

1.1.- Pourcentage de femelles mûres.

On admet que l'évolution de ce pourcentage représente les variations saisonnières de la ponte, et, en particulier que le pourcentage maximum est suivi à très court terme du maximum de ponte (LINDNER et ANDERSON 1956, DE BONDY 1968, GARCIA 1972, LE RESTE 1976). Cette méthode est également très largement utilisée pour l'étude de la reproduction des poissons. L'assimilation du maximum de maturation au maximum de ponte est une hypothèse raisonnable lorsque les variations saisonnières de structure démographique sont faibles, comme c'est le cas pour les espèces tempérées ou froides, à vie longue. Pour des espèces à vie courte (1 à 2 ans) le problème est plus complexe. Le recrutement annuel représente un évènement majeur et les variations saisonnières de la structure démographique deviennent alors une caractéristique fondamentale. L'évolution théorique obtenue par simulation, de la biomasse, du pourcentage d'individus adultes (ayant dépassé la taille à la première maturité), de la fécondité potentielle, en est une illustration (Fig.133 B).

Dans ces conditions, les variations saisonnières de la ponte dépendent d'une part du pourcentage d'individus matures mais également de leur nombre et de leur structure démographique. Ces données ne sont presque jamais disponibles. LE RESTE et MARCILLE (1976) sur *P. indicus* ont tenté de surmonter la difficulté en pondérant les pourcentages de femelles mûres calculés par un indice d'abondance des femelles adultes dans les captures. Cette approche intéressante possède pourtant un inconvévient : elle suppose que les captures sont proportionnelles à l'abondance et néglige donc le rôle des variations saisonnières du coefficient de capturabilité. Ces variations sont certainement importantes pour des animaux à vie courte, et vraisemblablement, d'autant plus marquées que l'espèce est plus côtière. Ceci peut expliquer que ces auteurs observent un maximum important d'abondance larvaire à une époque où les femelles mûres sont en nombre très faible dans les captures.

Considéré sous cet angle le problème est insoluble et nous noterons seulement que l'évolution du pourcentage de femelles mûres dans les captures est dans notre cas un critère assez grossier car il néglige :

- les variations de l'effectif total de la population adulte,
- les variations des effectifs par classe d'âge dans cette population,
- les variations de fécondité globale qui en découlent,
- les variations du coefficient de capturabilité qui déforment la relation entre les captures et l'abondance réelle.

Il est donc nécessaire, lorsque c'est possible d'obtenir un meilleur indice quantitatif de la reproduction, et l'abondance des larves est à cet égard préférable.

1.2.- Abondance des postlarves.

L'abondance des larves dans le milieu est une donnée plus directement liée au phénomène de la reproduction. Les restrictions à apporter sont les restrictions classiques concernant les mesures d'abondance du zooplancton. Les problèmes sont d'ordre spatial et temporel.

Dans le milieu marin, la dispersion des larves est telle que seul un important quadrillage de la zone à étudier permettrait d'obtenir un bon indice d'abondance. Ce procédé est irréalisable dans une étude de routine sur une longue période sans d'énormes moyens. Cependant au cours de leur cycle vital les larves passent par une phase de concentration géographique au moment de leur entrée en lagune, la nuit, dans la couche subsuperficielle. Il est donc possible d'exploiter cette propriété pour obtenir plus facilement des indices d'abondance (chapître III).

Le choix du pas temporel d'échantillonnage est également fondamental. Il est, le plus souvent, pour les programmes de routine fixé en fonction des moyens disponibles. La durée de la phase larvaire étant courte (moins de 1 mois) il est évident qu'un pas trop important est inadéquat car un maximum de ponte peut passer inaperçu. D'autre part lorsque l'échantillonnage a lieu en mer, le nombre de larves d'un stade quelconque, dans une cohorte issue d'un maximum de ponte, dépend de l'âge de cette cohorte donc du temps qui s'est écoulé entre la ponte et l'échantillonnage, autant, sinon plus, que de l'intensité de la ponte qui en est à l'origine. En revanche, au moment de l'entrée en lagune le développement larvaire est terminé et les postlarves ne sont pas encore benthiques, c'est donc un moment idéal pour échantillonner en évitant ce risque d'erreur.

L'échantillonnage lors de la phase de concentration à l'entrée de la lagune offre donc des avantages. Il présente également des inconvénients. L'entrée des larves s'effectue à travers un goulet étroit soumis à une circulation d'estuaire. Les conditions d'entrée varient donc de façon cyclique avec les marées et les crues. Ceci peut introduire dans la disponibilité des larves des oscillations supplémentaires indépendantes du rythme de ponte. Le résultat peut être un décalage des pics dans le temps et, à cause de la mortalité pendant l'attente de conditions d'entrée favorables, une modification de leur importance.

1.3.- Simulation des phénomènes de reproduction.

Le phénomène de la ponte, au niveau de l'ensemble de la population, dépend à tout instant du potentiel propre de la population et des conditions de milieu. L'évolution du pourcentage de femelles mûres et de l'abondance larvaire est la conséquence de cette interaction et il est en général impossible de séparer les deux

phénomènes qui y contribuent.

La simulation est une technique qui permet, en revanche, de prévoir l'évolution des conditions intrinsèques de la population (abondance et structure démographique). La féconditié théorique, proportionnelle à la biomasse d'ovaires disponible pour la reproduction est un paramètre important. Cette notion introduite récemment (LE GUEN, 1971) n'a à notre connaissance jamais été utilisée pour l'étude des variations saisonnières de la reproduction. Nous avons déjà souligné l'aspect très théorique de cette notion mais la comparaison des phénomènes simulés et observés nous paraît fructueuse.

En valeur absolue, la fécondité théorique varie avec l'effort de pêche. Les variations saisonnières ne sont cependant pas affectées dans la gamme des efforts utilisés. Dans ce chapître nous utiliserons la courbe calculée pour un effort de pêche de 100 jours par mois.

Nous avons également simulé l'évolution de la proportion d'individus adulte (dont la taille est supérieure à la taille à la première maturité sexuelle fig.).

2 - ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE.

On admet très généralement que la ponte des penaeïdes côtiers est liée à des températures élevées (CUMMINGS 1961, MUNRO, JONES et DIMITRIOU 1968, LINDNER et ANDERSON 1956, ELDRED et al. 1961 dans le Golfe du Mexique, RAO 1969 en Inde). De nombreux exemples peuvent être trouvés dans les travaux présentés au Symposium F.A.O. sur la biologie et l'élevage des crevettes (MISTAKIDIS 1969).

LINDNER et ANDERSON (1956), ELDRED et al. (1965) soulignent la simultanéité, que nous avons également observée, entre l'élévation de la température au printemps et l'augmentation du pourcentage de femelles mûres, et pensent qu'il s'agit là d'une relation de cause à effet. Cette hypothèse est reprise par RAO (1969).

Si l'on effectue la synthèse des résultats disponibles, les schémas annuels de reproduction sont en général de deux types. On observe parfois le maximum, au centre de la saison chaude, c'est le cas pour les principales espèces du Japon (IMAI et al. 1971). C'est également ce qui a été observé par LINDNER et ANDERSON (1956) pour *P. setiferus* de la Caroline du Sud à la Louisiane (un seul maximum en mai-juin). MUNRO, JONES et DIMITRIOU (1968) observent le maximum d'abondance larvaire en août pour *P. duorarum* en Floride. Il existe cependant des informations contradictoires pour la même espèce, dans la même zone.

On observe également très souvent un schéma bimodal avec deux maximums encadrant la saison chaude : c'est le cas pour *Penaeus duorarum* TABB, DUBROW et JONES (1962), ELDRED et al. (1961). COPELAND et TRUITT (1966) trouvent également au Texas, deux maximums, au printemps et à l'automne, le premier correspondant à la ponte de *P. aztecus* et le second à celle de *P. duorarum*. Ils citent dans leur article de nombreux travaux publiés entre 1950 et 1962 confirmant l'existence de ces deux maximums. BAXTER et RENFRO (1967) dans une étude sur *P. aztecus* portant sur plusieurs années, au Texas, obtiennent le plus souvent deux maximums dont le premier au printemps est le plus important. Le second se produit en automne. Ils observent parfois un troisième maximum, plus faible, en juin.

Dans les régions nettement tropicales ce schéma semble être la règle générale. Nous l'avions observé en Côte d'Ivoire en notant que le deuxième maximum de la saison de ponte était irrégulier. Cette observation est confirmée par les travaux de LHOMME (comm. pers.) sur le fond de pêche de Saint-Louis du Sénégal. Elle est confirmée également par ROJAS-BELTRAN (1975) en Colombie sur *P. schmitti* et *P. duorarum notialis*, MISTAKIDIS (1970) pour de nombreuses espèces indopacifiques ainsi que LE RESTE et MARCILLE (1976) pour *P. indicus* à Madagascar.

Dans les régions où l'on observe un seul maximum de ponte vers le milieu de la saison chaude, correspondant souvent aux températures les plus élevées, la relation entre la température et la ponte semble correcte et pourrait être résumée par cette citation tirée de LINDNER et ANDERSON (1956) : "La ponte apparaît plus étroitement liée à des températures croissantes ou décroissantes qu'à des valeurs absolues ... L'élévation rapide de la température coïncide étroitement avec le début de la saison de ponte et pourrait, en fait, en être la cause. La saison se termine aussitôt que les températures commencent à diminuer bien qu'elles soient alors supérieures aux valeurs qui, au printemps, avaient induit la ponte".

On trouve cependant dans la littérature quelques exemples pour le moins contradictoires. DE BONDY (1968) au nord et au sud du Sénégal, montre nettement, bien que ses données soient très incomplètes, des taux élevés (proches de 30%) de femelles mûres de *P. duorarum* en pleine saison froide, alors que la température de la zone descend jusqu'à 15°C. LHOMME (comm. pers. 1975) a, depuis, complété cette étude et confirme nettement pour la zone du cap Roxo l'existence de plusieurs maximums de ponte dont l'un des plus importants se trouve en pleine saison froide. MACIAS-ORTIZ (1969) trouvent, au Mexique, que la ponte de *Penaeus fabricius* a lieu uniquement pendant la saison froide (17 à 18° C). Elle est presque nulle pendant toute la saison chaude où la température dépasse pourtant constamment 24°C.

Plus récemment des résultats intéressants sont obtenus par LE RESTE (1973 b) qui observe deux maximums, l'un en saison chaude et l'autre en saison "fraîche", en baie d'Ambaro (Madagascar) où la température reste toutefois toujours supérieure à 25°C. Il note deux faits importants. Tout d'abord ces deux maximums correspondent aux deux maximums annuels de productivité. D'autre part, pendant la saison chaude et humide, la chronologie des pontes successives suit très étroitement celle des pluies locales. Il conclut d'une part, que le stimulus de la ponte "pourrait être l'accroissement de la biomasse zooplanctonique (ou phytoplanctonique)", et souligne d'autre part, que les "variations pluviométriques sont l'horloge de la reproduction" dans la zone littorale, par l'intermédiaire direct ou indirect des poussées planctoniques induites.

FRONTIER (1974) étudiant de façon plus générale le plancton de la baie d'Ambaro reprend et généralise cette hypothèse quand il écrit : "Il semble bien que la richesse générale du plancton conditionne en partie le rythme de reproduction de nombreuses espèces planctoniques, benthiques et nectoniques".

Les résultats que nous avons obtenus ne sont pas contraires à cette hypothèse dans la mesure où nous avons observé des maximums secondaires correspondants à des enrichissements apériodiques du milieu, par remontée de la thermocline ou décharges continentales.

Selon HALL (1962) cité par KIRKEGAARD, TUMA et WALKER (1970) la ponte de *Penaeus merguiensis* à Singapour a lieu pendant la mousson. ROJAS-BELTRAN (1975) en Colombie, observe pour *P. schmitti* et *P. duorarum notialis* une ponte continue passant par trois maximums dont deux sont apparemment liés aux décharges continentales.

Pour RUELLO (1973), étudiant *Metapenaeus makleayi* en Australie : "A strong freshwater inflow to the Hunter estuary or some related factors appears to stimulate and accelerate ovarian maturation ... and thereby enhance their reproductive success".

Il se dégage donc de l'ensemble des travaux deux théories de la reproduction. La première faisant intervenir uniquement la température est généralement admise dans les régions où les températures hivernales sont suffisamment faibles pour diminuer fortement l'intensité du métabolisme. La deuxième, suggérée par LE RESTE (1973 b) et que nous essayons de développer semble trouver son support dans les régions les plus typiquement tropicales et oligotrophes, à faibles variations thermiques saisonnières. La reproduction serait étroitement liée aux variations de deux stimulus plus ou moins discernables dans leur action : les décharges continentales et la richesse planctonique.

Il est difficile dans l'état actuel de nos connaissances, de comprendre la nature d'une liaison exacte entre la reproduction et la richesse du milieu. Elle pourrait être d'ordre trophique, mais la réaction de l'animal aux modifications du milieu est si rapide que cela suppose l'existence d'une chaîne alimentaire très courte. Il est également possible que la dernière phase de la maturation soit accélérée par la présence dans l'eau de substances ou d'organismes caractéristiques d'un milieu riche. Cette hypothèse déjà ancienne a été démontrée pour les mollusques pelecypodes et pour diverses espèces de crustacés du genre *Balanus*. "Les formes où la réalisation de la larve est rapide sont celles où il y a le plus de chances de trouver une influence de ce genre" (cité par PERES, 1961 page 256) : les penaeïdes entrent parfaitement dans cette catégorie.

Cette liaison pourrait être également la conséquence d'une lente adaptation de l'espèce dont les larves se nourrissent de phytoplancton. Une liaison étroite entre le cycle d'émission des larves et le cycle de production primaire représenterait le moyen idéal d'assurer aux larves les meilleures conditions de survie.

Cette idée n'est pas nouvelle et CUSHING (1975) la développe pour les stocks de harengs de l'Atlantique Nord.

3 - THEORIE DE CUSHING.

Il distingue trois types différents de cycles annuels de la production phytoplanctonique. Dans les hautes latitudes les cycles sont discontinus. Le type "arctique" comporte un seul mode en plein été. Le type "tempéré" en comporte deux dont le plus important est au printemps et le second, plus faible, se produit en automne. Aux basses latitudes les cycles de production de type "tropical" sont pratiquement continus. L'amplitude des variations saisonnières est en général faible, sauf dans les zones d'upwelling où les cycles prennent alors un caractère plus tempéré.

Toujours selon cet auteur, la chronologie du cycle de reproduction des poissons serait étroitement adaptée au cycle de production (p.96). La reproduction aurait donc lieu à des périodes précises de l'année dans les zones à cycle de production discontinu et toute l'année dans les zones à cycle de production continu. La date de la ponte serait d'autant plus précise que le cycle est discontinu.

Cette liaison est montrée pour le hareng de l'Atlantique Nord dont les divers cycles de reproduction observés coïncident avec les cycles saisonniers de

production primaire. Il existe en particulier des reproductions de printemps et d'automne, caractéristiques du cycle de production bimodal de type tempéré. Une reproduction en plein été est observée pour des espèces à affinités plus tropicales. Elle serait un type intermédiaire entre la reproduction discontinue de type tempéré et la reproduction continue de type tropical.

4 - LA REPRODUCTION DES PENAEIDES CÔTIERS ET LA THEORIE DE CUSHING.

Nous avons relevé dans la littérature un certain nombre d'éléments en faveur de cette théorie.

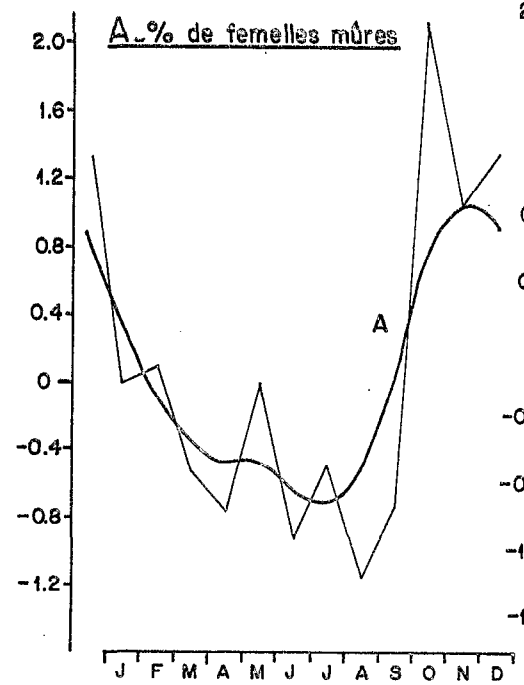
Ainsi que nous l'avons souligné au paragraphe 2, les cycles annuels de reproduction observés sont de deux types. Le plus fréquent est bimodal avec deux maximums au début et à la fin de la saison chaude ; le dernier pic, beaucoup moins important est aussi très irrégulier. Le second schéma de reproduction apparemment moins répandu est unimodal avec un maximum en été. Dans le Nord du golfe du Mexique les auteurs semblent avoir observé ces deux types pour la même espèce.

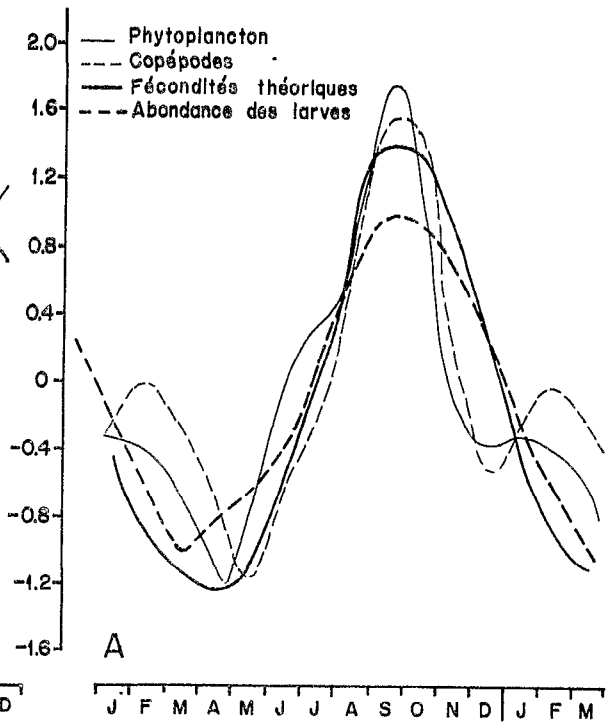
Il y a là une similitude frappante avec les observations de CUSHING et on peut donc se demander dans quelle mesure ces schémas sont susceptibles de se rattacher à la théorie d'adaptation de la reproduction au cycle de production du milieu.

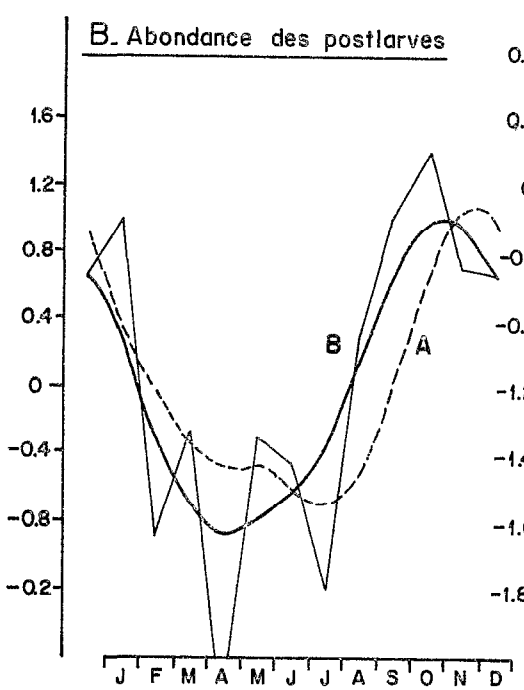
Nous ne disposons pas de données suffisantes en ce qui concerne les cycles de production dans le golfe du Mexique, qui ne représente pas un ensemble mais plutôt une mosaïque de conditions hydrologiques, rendant toute généralisation dangereuse, d'autant que les travaux publiés sont très rarement assortis de la description du cadre hydro-climatique.

En Côte d'Ivoire les données sont suffisamment abondantes pour permettre une étude détaillée.

Nous avons décrit dans les chapîtres III et IV les cycles de reproduction définis par l'évolution du pourcentage de femelles mûres ou par l'abondance des larves à partir de données recueillies de 1971 à 1975. La concordance entre les deux séries chronologiques était peu satisfaisante mais elle était très bonne au niveau des cycles annuels moyens. Nous avons repris ces deux cycles annuels dont les valeurs ont été centrées et réduites puis lissées par moyenne mobile sur trois valeurs pour éliminer les oscillations à courte période et ne conserver que l'essentiel de l'évolution annuelle (fig.132). Notons que ce lissage supprime une des caractéristiques essentielles de ces deux cycles qui est l'existence d'un pic très aigu en octobre. La superposition des deux courbes lissées (fig.132B) montre que leur évolution est similaire. Cependant, la position relative des deux courbes est surprenante. En effet, l'évolution du pourcentage de femelles mûres décrit un phénomène qui se situe avant la ponte proprement dite. L'évolution de l'abondance larvaire décrit, en revanche un phénomène qui se situe environ trois semaines après la ponte. La courbe A devrait donc précéder la courbe B ou, à la limite, lui être confondue, or on observe l'inverse. On constate donc une évolution saisonnière similaire pour les deux indices de pontes mais l'évolution de l'abondance larvaire n'apparaît pas comme la simple conséquence de l'évolution du pourcentage de femelles mûres avec un décalage chronologique correspondant à la durée de la vie larvaire en mer.







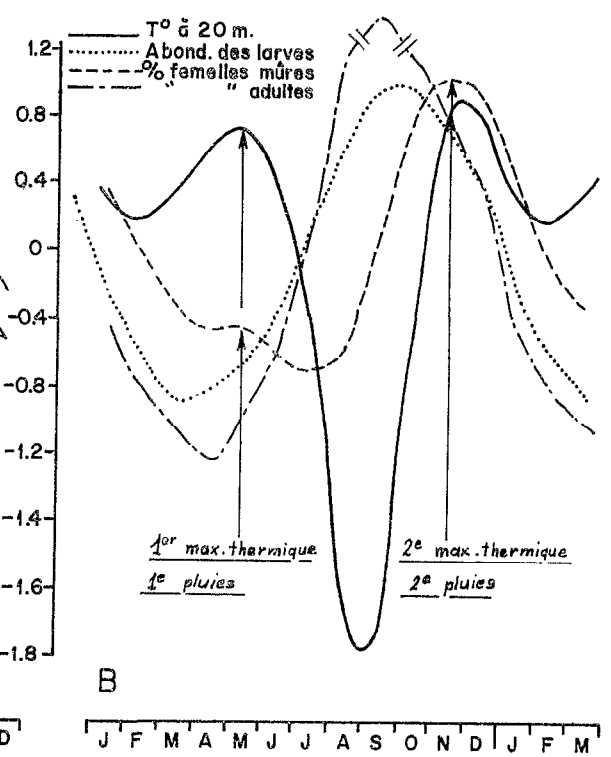


Fig. 132 : Cycles annuels moyens observés et courbes lissées (valeurs centrées et réduites)

Fig. 133 : Evolution saisonnière moyenne de la température, de la production primaire et secondaire, du % de femelles mûres et de l'abondance des postlarves (valeurs centrées et réduites)

Un élément d'explication est apporté par l'analyse des variations saisonnières de la fécondité théorique. Nous avons vu au chapître précédent qu'elle représente en fait une biomasse théorique d'ovaires disponibles pour la reproduction. Nous avons représenté sur la figure133 A l'évolution de la fécondité théorique (valeurs centrées et réduites) d'un stock exploité par une flottille de pêche à raison de 100 jours par mois. Une augmentation de l'effort ne modifie pratiquement pas la chronologie observée.

Nous avons reporté sur cette figure la courbe d'évolution de l'abondance larvaire (valeurs centrées et réduites) décalées d'un mois pour tenir compte de la durée de la phase larvaire. La superposition entre les deux courbes est excellente. Il est donc possible que les variations d'amplitude annuelle de l'abondance larvaire soient uniquement conditionnées par les variations de la capacité de reproduction du stock sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir les conditions de milieu.

Nous avons également porté sur la figure 133 A les cycles annuels moyens (de 1971 à 1975) d'abondance du phytoplancton (log du nombre de cellules/litre)° et du zooplancton (log2 du nombre de copépodes/m3)°, en valeurs réduites et lissées.

La similitude des chronologies est très nette ; les courbes sont pratiquement confondues. Cette observation est fondamentale car elle étaye la théorie de CUSHING d'une adaptation du cycle de reproduction au cycle de production du milieu. La superposition des phénomènes résulterait non pas d'une action directe de la production planctonique sur la ponte mais plutôt d'une adaptation progressive tendant à réduire la mortalité des premiers stades larvaires qui sont planctonophages.

On peut alors se demander quelle est la liaison exacte entre l'évolution du pourcentage de femelles mûres et la ponte. Nous avons tracé sur la figure 133B l'évolution de ces pourcentages, de l'abondance larvaire (décalée de un mois) et de la température à 20 m de profondeur à la station côtière d'Abidjan (moyenne 1971-1975). Nous y avons noté la position des deux maximums thermiques qui encadrent la saison chaude et qui correspondent aux deux principales périodes annuelles de dessalure.

On voit,comme nous l'avions souligné au chapître III que le réchauffement rapide qui survient en fin de saison froide en octobre correspond à une augmentation synchrone du pourcentage de femelles mûres. Le premier maximum thermique de la saison chaude en novembre correspond au maximum de la courbe de maturité. Notons que ce maximum se produit quand la fécondité théorique a déjà dépassé son maximum et décroît rapidement.

Le second maximum thermique, en mai correspond à une légère recrudescence sur la courbe de maturité. C'est la période où l'on observe, de façon irrégulière la présence d'un maximum secondaire sensiblement effacé ici par le lissage. Il est tentant d'admettre une relation de cause à effet entre ces deux phénomènes.

° Calculés à partir des données communiquées par DANDONNEAU et BINET du C.R.O. d'Abidjan.

5 - CONCLUSIONS.

Les deux indices utilisés pour décrire la ponte n'ont pas la même signification. L'abondance des postlarves à leur entrée en lagune dépend du nombre d'oeufs émis au moment de la ponte et de leur survie pendant la phase larvaire, où se produit la mortalité la plus importante. Le cycle d'émission de ces larves est confondu avec le cycle de production du milieu et celui de la fécondité théorique. Il y a donc adaptation étroite du cycle de reproduction de la population au cycle de production du milieu. Nous ne voyons pas là une relation de cause à effet mais une coïncidence du potentiel de reproduction de la population et du potentiel de production du milieu, atteinte au cours des processus d'évolution.

CUSHING (1975) souligne que la chronologie des upwellings est irrégulière et que le processus de ponte continue est celui qui permet d'en tirer le meilleur parti. La synchronisation serait donc à tout moment obtenue par ce biais. Nous ajouterons que nous avons observé des pics de maturation correspondant pendant la période chaude à des upwellings secondaires et les crues et que l'on ne peut pas rejeter l'hypothèse que la synchronisation puisse être obtenue par un mécanisme plus actif, de perception directe de la richesse du milieu par les individus, comme cela a été observé pour des crustacés du genre *Balanus* (cité par PERES 1961).

La courbe d'évolution du pourcentage de femelles mûres semble directement affecté par les conditions de milieu. Le pic d'octobre, au début de la saison chaude (équivalent des pontes de printemps dans les mers tempérées) semble bien déclenché par le réchauffement brusque à cette période et nous admettrons les relations de cause à effet déjà suggérées par LINDNER et ANDERSON (1956). Le deuxième maximum, en mai est moins important et plus irrégulier. Il correspond à la ponte d'automne des mers tempérées. Si on examine l'évolution théorique de l'âge moyen, ou du nombre de femelles adultes dans la population (obtenues par simulation), il apparaît que le réchauffement caractéristique de cette période affecte un stock beaucoup plus jeune qu'en octobre où les adultes sont moins nombreux. D'autre part le gradient temporel de température en avril-mai est beaucoup plus faible qu'en septembre-octobre. Ceci explique qu'il soit beaucoup moins marqué et passe parfois inaperçu.

Notons que nous n'avons évoqué que le rôle de la température sur la maturation. En réalité la température est ici un traceur des conditions hydrologiques et si l'action de ce paramètre sur l'émission des produits sexuels a souvent été vérifiée en aquaculture, il nous est impossible de séparer l'action éventuelle de la température de celle de la dessalure et des crues, dont la position est confondue avec les maximums thermiques.

En conclusion, l'abondance des larves dans le milieu, paramètre le plus directement lié à la reproduction, dépend à tout moment, de l'interaction entre deux facteurs : le potentiel de reproduction de la population et l'état de maturation des individus. Les variations saisonnières du premier facteur, modelées sur l'évolution sont relativement indépendantes des conditions de milieu. Elles résultent de la combinaison des lois de croissance, de mortalité, de fécondité inhérentes à l'espèce.

L'évolution du second facteur est directement liée aux conditions de milieu et en particulier, à la température et aux crues. Nous admettons avec LINDNER et ANDERSON (1956) que le principal pic de maturation en octobre est causé par la brusque élévation de la température (que nous ne pouvons dissocier de la dessalure) mais contrairement à ces deux auteurs nous pensons que l'évolution de la reproduction pendant la saison chaude dépend surtout du potentiel intrinsèque de reproduction de la population.

Les cycles annuels de température et de productivité sont liés et il est possible que le réchauffement annuel d'octobre soit le stimulus d'entraînement qui permet à la population de rester en phase avec le rythme du milieu.

Il faut souligner enfin la portée de ce phénomène sur les variations inter-annuelles du recrutement. GUNTER (1953), GUNTER et HILDEBRANDT (1953) et WILLIAMS (1969) aux Etats-Unis, THOMPSON (1956) en Australie ont noté des variations inter-annuelles de production qu'ils ont pu relier à des variations des conditions climatiques qu'il s'agisse de la pluviométrie ou du bilan thermique atmosphérique annuel. Notre étude suggère la possibilité d'une action bien plus précoce et directe du milieu sur la reproduction. Ainsi que le souligne CUSHING, si le cycle de reproduction est adapté au cycle de production, de la plus ou moins bonne concordance entre les deux cycles d'une année à l'autre dépendent la mortalité larvaire et le volume de la classe d'âge recrutée.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Ce travail est la synthèse des connaissances que nous avons acquises, de 1968 à 1975, sur la biologie de *Penaeus duorarum notialis* et son exploitation. Il porte principalement sur la Côte d'Ivoire mais nous avons parfois débordé de ce cadre géographique quand nos données nous le permettaient, en particulier dans l'étude des répartitions bahtymétrique et géographique, des rythmes d'activité, et de la croissance.

1 - ECOLOGIE ET REPARTITION

Penaeus duorarum occupe une aire géographique dans laquelle les eaux de surface atteignent au moins 24°C dans l'année et descendent rarement au-dessous de 18°C. Les températures minimum au niveau du fond sont de 15 à 16°C. Ce préférendum peut être lié à des exigences métaboliques concernant notamment les mécanismes de reproduction.

A l'intérieur de ces limites thermiques la distribution des adultes est conditionnée par des salinités supérieures à 35 ‰. Dans les zones hydrologiquement convenables, la répartition est liée à la présence de lagunes ou d'estuaires et à la nature du sédiment dont la teneur en particules fines ($\leqslant 50\mu$) doit dépasser 25 %. L'une des caractéristiques importantes des fonds à crevettes est leur grande richesse en matière organique.

La répartition bathymétrique de l'espèce est liée à la structure du sédiment : les concentrations les plus fortes sont rencontrées au-dessus de 50 % de particules fines. La limite inférieure de la distribution, vers 60-65 m est vraisemblablement liée aux conditions hydrologiques.

La distribution bathymétrique de l'espèce varie saisonnièrement en suivant les oscillations de la thermocline. Les déplacements tendent à la maintenir à la partie supérieure de la couche de discontinuité, entre 23 et 25°C et de 35 à 35,5 ‰. En saison d'upwelling, ces eaux n'existent plus sur le plateau continental et les crevettes sont alors amenées à supporter des conditions moins favorables (16 à 18°C).

Les distributions bathymétriques des tailles et des sexes sont très caractéristiques et différentes de celles que l'on observe dans le Golfe du Mexique. Les individus de taille petite ou moyenne occupent les immersions centrales de la distribution (30 à 45 mètres). Ce sont les plus abondants et leur sex-ratio est proche de la normale. La taille moyenne augmente et l'abondance diminue vers le large d'une part (où les mâles dominent) ou vers la côte d'autre part (où les femelles dominent). La distribution bathymétrique des sexes change saisonnièrement, vraisemblablement en relation avec la reproduction.

Les variations du sex-ratio avec la taille, chez les juvéniles et les adultes, soulignent la différence entre les lois de croissance des mâles et des femelles, et suggère un phénomène de sélectivité différentielle des maillages vis à vis des sexes, dans les petites tailles.

2 - RENDEMENTS ET RYTHMES D'ACTIVITE.

Le rythme quotidien d'activité a été étudié par le biais des variations de rendements qu'il occasionne, dans la zone des upwellings et dans la zone sénégambienne d'oscillation des masses d'eau. On admet en général que les rendements les plus élevés sont obtenus quand l'activité des crevettes est maximum, c'est à dire le plus souvent la nuit. Sur la côte d'Afrique les rendements les plus élevés sont obtenus soit le jour, soit la nuit ou bien indifféremment. Ce comportement "apparent" dépend de la zone, de la période et de la profondeur considérée. Nous avons admis que le comportement réel était nocturne et que le comportement "apparent" n'était que la manifestation des modifications nycthémérales de la vulnérabilité des crevettes vis à vis des chaluts. Ces modifications, liées à la turbidité des eaux seraient provoquées par des migrations nycthémérales verticales mettant périodiquement les crevettes hors de portée des engins de pêche. Les résultats obtenus dans la zone sénégambienne suggèrent une modification du comportement sous l'action de la température de l'eau en saison froide au Sénégal.

Le passage d'une période d'eaux turbides à une période d'eaux claires se traduit par le passage d'un comportement apparent diurne à un comportement apparent nocturne ou de transition. Ce passage correspond à une diminution sensible du rendement journalier moyen, c'est à dire à une diminution de l'abondance apparente, probablement liée à une diminution globale de la vulnérabilité du stock. Ceci implique l'existence de variations saisonnières de la vulnérabilité globale du stock liées aux conditions hydrologiques.

3 - LA REPRODUCTION ET LA MIGRATION DES LARVES.

Le phénomène de la ponte a été étudiée de deux façons différentes : par observation directe d'indices de ponte et par simulation théorique. L'observation directe a porté sur les pourcentages de femelles mûres dans les captures et sur l'abondance des postlarves à l'entrée de la lagune Ebrié de 1971 à 1975.

La proportion de femelles mûres dans les captures augmente dès octobre quand les eaux se réchauffent après la saison froide. Elle passe par des valeurs élevées d'octobre à décembre et décroît ensuite de façon irrégulière jusqu'en mai-juin où apparaît parfois un maximum secondaire. Aux refroidissements apériodiques caractéristiques de la période chaude correspondent de faibles pics de maturation.

L'abondance des postlarves, en surface, à l'entrée de la lagune Ebrié, suit des rythmes nycthéméraux, lunaires et saisonniers. Les larves ne sont présentes que la nuit. La courbe d'abondance nocturne est unimodale ou bimodale suivant la phase lunaire, en liaison avec le cycle des marées. L'abondance globale dépend de la phase lunaire, elle est maximale en nouvelle lune, minimale en pleine lune et intermédiaire aux quartiers. Ces variations reflètent, soit un rythme lunaire de ponte, soit plus vraisemblablement un rythme de marée avec interaction de la lumière lunaire, diminuant l'abondance des larves en surface en pleine lune.

La taille des postlarves, à stade de développement égal, varie saisonnièrement avec la richesse planctonique du milieu marin, et en sens contraire de la

température. La relation est vraisemblablement d'ordre trophique.

Le stade de développement des larves au moment de leur entrée en lagune varie également saisonnièrement, en liaison, semble-t-il, avec les variations saisonnières du bilan d'entrée d'eau dans la lagune. En période de crue notamment, les larves entrent en lagune à un stade plus avancé qu'en période d'étiage, ce qui laisse supposer que leur migration est ralentie.

Les variations saisonnières de l'indice d'abondance des larves confirment que la ponte dure toute l'année. Le recrutement postlarvaire dans la lagune passe cependant par des maximums (4 ou 5 dans l'année) dont le nombre et la position peuvent varier légèrement d'une année à l'autre. Le cycle annuel moyen passe par un maximum de septembre à janvier et un minimum en avril. Il existe parfois un maximum secondaire en mai-juin.

La comparaison des courbes annuelles moyennes lissées après centrage et réduction montre que la courbe d'abondance des larves précède dans le temps l'évolution du pourcentage de femelles mûres et ne semble donc pas en être, comme on pouvait le penser, la conséquence directe avec un décalage correspondant à l'âge des postlarves.

La courbe d'abondance moyenne annuelle des larves, décalée de 1 mois pour tenir compte de l'âge théorique des postlarves, se superpose parfaitement aux courbes moyennes de productivité primaire et secondaire, ce qui suggère une adaptation du cycle de reproduction de l'espèce au cycle de production du milieu.

Cette hypothèse est étayée par une analyse théorique du cycle de reproduction par simulation. Le potentiel théorique de reproduction de la population (calculé à partir des données disponibles concernant le recrutement, la maturation sexuelle, la fécondité, la croissance et la mortalité) évolue de façon synchrone avec la productivité du milieu ambiant. Les variations saisonnières de la fécondité et du pourcentage d'individus adultes théorique dans la population sont identiques à celles de l'abondance larvaire observée, décalée de 1 mois.

Ces observations confirment la théorie de CUSHING (1975) sur l'adaptation des cycles de reproduction aux cycles de production dans le milieu marin.

4 - LA MIGRATION DES JUVENILES, LEUR EXPLOITATION ET LE RECRUTEMENT EN MER.

La migration des juvéniles a été étudiée par l'analyse des données de la pêche artisanale en lagune Ebrié et Tagba, deux des trois principales lagunes de Côte d'Ivoire. La pêche existe traditionnellement depuis longtemps à petite échelle. Elle s'est considérablement développée depuis 1968. Cette augmentation s'est traduite par un accroissement rapide du nombre de pêcheurs de 1969 à 1971, suivi d'une stabilisation des effectifs humains, et d'un doublement du nombre de de filets mis en peuvre par pêcheur entre 1971 et 1974.

Les données disponibles (statistiques de production des usines et statistiques de pêche de certains villages) ont été critiquées. La notion classique d'effort de pêche est ici très difficile à appliquer. La durée d'une opération de pêche, liée aux courants de marée, pendant un jour donné, dépend du lieu de pêche

et de son éloignement par rapport à l'embouchure. En un même lieu, elle dépend de la phase lunaire et de la saison. L'évolution annuelle du temps de pêche moyen mensuel dépend du lieu de pêche et varie d'une année à l'autre en liaison avec des phénomènes hydrauliques certainement complexes et sur lesquels nous n'avons aucun renseignement. Le choix de l'unité d'effort est donc difficile et dépend du but recherché. En ce qui nous concerne, la nuit de pêche nous a semblé préférable dans la mesure où la prise/nuit/filet, intégrant un certain nombre de paramètres, nous a paru être l'indice le plus représentatif de la quantité de jeunes crevettes en migration, et par conséquent du recrutement en mer.

Cet indice d'abondance nous a permis d'analyser les rythmes de la migration. Il existe un rythme nycthéméral et tidal bien connu : la migration est nulle dans la journée ; elle commence avec le crépuscule et la marée descendante, et se décale de 30 mn environ tous les jours. En raison du retard de la marée, la migration commence de plus en plus tard au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'embouchure. Il s'y superpose un rythme lunaire : la migration est maximum en nouvelle lune et passe par un maximum secondaire en pleine lune. Elle est minimum aux quartiers.

L'analyse des variations saisonnières d'abondance en lagune Tagba montre que la migration commence en septembre et passe par 3 maximums d'importance inégale : le premier en octobre ou novembre, le second, le plus important, entre février et avril, et le troisième en juin irrégulier et souvent absent. L'analyse des statistiques de production en lagune Ebrié confirme ce schéma, mais le maximum de juin y est plus fidèle. En moyenne, la migration des juvéniles est donc minimum en septembre, passe par un maximum en début d'année et décroît dès le mois de mai jusqu'en septembre.

Les variations saisonnières de la migration, d'amplitude annuelle, sont liées de façon évidente au cycle de la reproduction et aux facteurs externes qui la gouvernent. Les pics de migration d'octobre et de juin se produisent au moment des crues lorsque la salinité est la plus faible et les courants les plus rapides.

Les limites de la distribution géographique dans la partie ouest de la lagune Ebrié sont étroitement liées à la pénétration des influences marines. Parmi ces influences les courants de marée jouent un rôle certain puisqu'ils sont nécessaires au transport des larves, mais la salinité joue également un rôle important. La limite extrême d'extension de l'espèce semble correspondre beaucoup plus à celle de l'onde de marée saline qu'à l'onde de marée dynamique. A l'intérieur des limites la salinité ne joue apparemment aucun rôle, si ce n'est sur la répartition des tailles.

Le sex-ratio des crevettes en migration varie saisonnièrement. Le pourcentage de femelles est élevé en saison chaude et minimum en saison froide. La taille moyenne à la migration est de 16,2 à 16,9 mm (LL). Au moment de la migration, la différence entre les lois de croissance des deux sexes est déjà perceptible. Cette taille varie saisonnièrement et les hypothèses permettant d'expliquer cette observation ont été examinées. Il est vraisemblable que plusieurs d'entre elles concourent à la réalisation du phénomène

La taille à la migration varie également d' une zone à l'autre d'une même lagune, et d'une lagune à l'autre en liaison avec la salinité ambiante. Elle varie

également d'une année à l'autre dans une même lagune, en fonction de la pluviosité annuelle, donc également de la salinité ambiante. Cette action de la salinité sur la taille à la migration se ferait par l'intermédiaire d'un raccourcissement de la durée du séjour en lagune quand la salinité est trop faible.

Le recrutement en mer, mesuré par le pourcentage d'individus, dont la taille est inférieure à 22 mm (LC), dans les captures suit de façon très satisfaisante la courbe annuelle moyenne de migration hors des lagunes, mais les crevettes migrant en octobre-novembre n'apparaissent pas dans les captures. Ceci pourrait être lié à une capturabilité réduite des juvéniles pendant cette période caractérisée par des conditions de milieu très particulières. Ce phénomène vient étayer notre hypothèse de l'existence de variations saisonnières de vulnérabilité.

La comparaison des cycles annuels moyens de ponte, de migration, de recrutement a permis la reconstitution du cycle vital de l'espèce : si les postlarves, qui rentrent en lagune sont âgées de 3 semaines environ au stade 3-4 épines sus rostrales, la migration hors de la lagune s'effectue en moyenne à 3,7 mois et 16,5 mm (LC). Les premiers modes nets apparaissent à 3,9 mois (18 mm LC) dans les captures des crevettiers. Les crevettes peuvent être considérées comme entièrement recrutées en mer vers 5 mois. La taille à la première maturité sexuelle (30 mm LC) est atteinte vers 6,7 mois. La durée de vie minimum est de 23 mois. Cette valeur est un minimum dans la mesure où l'on assimile sans preuve l'arrêt de la croissance à la mort.

5 - L'EXPLOITATION EN MER.

L'évolution de l'exploitation en mer depuis 1955 a été étudiée à partir de quelques données disponibles sur les débarquements de 1955 à 1968, et de statistiques détaillées que nous avons récoltées de 1969 à 1975. Les prises en mer ont varié de 15 à 700 tonnes/an et les prises totales (mer + lagune) de 115 à 1300 tonnes/an. L'effort de pêche très faible jusqu'en 1963 a été estimé approximativement à 300 jours de pêche par an de 1964 à 1968. Dès 1969, l'exploitation s'est développée rapidement, passant par un maximum dès 1970 (2795 jours). Le niveau actuel est de 2000 jours/an.

La flotille étant composée d'unités de puissances diverses, de 150 à 500 CV, une standardisation des efforts par la méthode de ROBSON a été effectuée. Les efforts standardisés ont été utilisés pour calculer les prises par unité d'effort par mois et par zone de pêche.

La comparaison de l'évolution annuelle moyenne des débarquements de 1955 à 1967, des rendements obtenus lors des campagnes expérimentales de 1966-1967 et 1969-1970, des rendements de la flotille crevettière de 1969 à 1975, a permis de tracer l'évolution annuelle de la prise par unité d'effort. Les rendements sont minimum en mars, augmentent rapidement jusqu'en mai. Ils sont élevés de mai à novembre-décembre, puis décroissent jusqu'en mars.

L'évolution saisonnière des prises par unité d'effort est identique en moyenne pour les trois principaux fonds de pêche de Côte d'Ivoire. Leur abondance moyenee est également équivalente. Le rendement horaire, élevé en 1969, est passé par un minimum au début de 1971, et a remonté régulièrement mais lentement de 1971 à 1974.

6 - CROISSANCE, MIGRATIONS ET MORTALITES EN MER.

La croissance a été étudiée par deux méthodes indépendantes. La méthode des progressions modales nous a permis d'obtenir la courbe de Von Bertalanffy et les limites de confiance des paramètres K, L_∞ et t_0 pour les femelles, après décomposition des courbes polymodales sur la méthode des maximums successifs. Cette décomposition était impossible pour les mâles et la courbe calculée par simple analyse des progressions modales a été vérifiée de façon totalement indépendante par une méthode originale fondée sur la similitude de la distribution bathymétrique des deux sexes. Les lois de croissance que nous avons également calculées pour les crevettes de la zone sénégambienne ne sont pas différentes.

Les paramètres des courbes de croissance ont été estimés également par marquage à l'aide de disques de Petersen. Les résultats obtenus confirment l'analyse des progressions modales et mettent en évidence d'importantes variations saisonnières de la vitesse de croissance, qui est ralentie en saison froide et en octobre-novembre au moment des grandes crues et de la ponte principale.

Les courbes moyennes calculées, pour chaque sexe, par marquage ne sont pas différentes de celles calculées par analyse des progressions modales. La comparaison de nos résultats avec ceux de BERRY (1967) dans le Golfe du Mexique montre que malgré une légère différence, en ce qui concerne les mâles, dans les paramètres calculés, les courbes observées ne pouvaient être considérées comme différentes.

Des migrations ont été décelées grâce aux marquages sur les fonds de pêche situés à l'ouest d'Abidjan, en direction de l'ouest, à des vitesses moyennes de 1 à 6 km par jour, sur des distances atteignant 160 km. Ces vitesses relativement élevées et leur composante ouest nettement marquée permettent de supposer que ces déplacements s'effectuent en utilisant le courant sub-superficiel qui traverse les fonds à crevettes avec une vitesse de 0,5 à 0,8 noeuds. Le mouvement qui n'affecte qu'une faible proportion de la population pourrait être une simple dispersion sous l'action du courant, pendant les migrations verticales quotidiennes. En revanche, aucune migration n'a été observée pour les crevettes du fond de pêche de Grand-Bassam géographiquement isolé des deux autres par le canyon du "Trou sans fond".

Nous avons cherché à obtenir par les marquages des évaluations des mortalités naturelles et par pêche. Cinq opérations principales ont été réalisées en 1972 et 1973, dont deux seulement ont donné des résultats interprétables. Le taux de recapture dépend de l'heure du marquage, surtout en période d'eaux claires. Ce phénomène pourrait être la conséquence de l'action des prédateurs au moment du largage. Il dépend également de la taille des individus au moment du marquage. Il est le plus souvent faible pour les petites tailles, augmente rapidement et passe par un maximum entre 25 et 30 mm (LC), puis décroît de façon linéaire vers les grandes tailles. La partie gauche, ascendante de la courbe peut indiquer une diminution de la mortalité due au marquage ou une augmentation de la mortalité par pêche quand la taille augmente en liaison avec les mécanismes de sélectivité des chaluts. La partie droite, descendante, de la courbe, plus intéressante, indique que la mortalité naturelle augmente ou bien que la mortalité par pêche diminue avec l'âge.

Le calcul des mortalités naturelles et par pêche globales (pour l'ensemble de la population) donne des valeurs aberrantes lorsque la période est trop courte (de l'ordre de 30 jours). Ceci peut être dû soit à un phénomène de dispersion des crevettes après marquage, entrainant une diminution de leur densité, indépendante de la mortalité, soit à des variations du coefficient de capturabilité avec l'âge et la saison. Ces deux hypothèses ont été étayées et ces variations ont dû être introduites dans le modèle de simulation pour obtenir une bonne concordance entre les données observées et simulées.

Lorsque la période d'observation est suffisamment longue (4 mois), les valeurs des mortalités sont plus cohérentes. Le coefficient de mortalité naturelle est de 0,25 (par mois). Cette valeur étaye les résultats de BERRY (1967) et infirme ceux de KUTKUHN (1966). Elle confirme qu'une protection des juvéniles permettrait théoriquement d'augmenter les prises. La mortalité naturelle a été supposée constante avec l'âge. Cette hypothèse de constance est généralement admise en ce qui concerne aussi la mortalité par pêche F. Dans notre cas particulier elle ne nous a pas paru raisonnable et nous avons cherché à obtenir des estimations de la mortalité par pêche en fonction de l'âge à partir de l'estimation globale de F pour la population et des courbes d'évolution du taux de recapture en fonction de l'âge.

Une analyse approfondie de la répartition de l'effort de pêche sur la structure démographique nous a permi d'estimer la proportion de l'effort appliqué à chaque strate d'âge et, par conséquent, de calculer l'évolution du coefficient de capturabilité avec l'âge.

7 - DEFINITION DES CONDITIONS OPTIMALES D'EXPLOITATION.

L'ensemble de ces données trouve son application logique dans un modèle de gestion destiné à évaluer les potentialités du stock et à prévoir ses réactions face à diverses stratégies de pêche.

Les différents modèles disponibles ont été discutés pour mettre en lumière les hypothèses implicites, souvent admises tout en sachant a priori qu'elles sont fausses. Notre préférence, compte tenu des problèmes à résoudre et des données disponibles, va au modèle de RICKER qui a été utilisé pour construire un modèle de simulation prenant en compte les variations saisonnières du recrutement, les variations du coefficient de capturabilité, du taux de croissance, de la fécondité et de l'indice de prix, avec l'âge. Nous avons également repris l'hypothèse de l'existence de variations saisonnières du coefficient de capturabilité et introduit, pour en tenir compte, une correction saisonnière qui, n'ayant pas été estimée de façon indépendante, demande à être réestimée (par l'analyse des cohortes par exemple) avant d'être définitivement admise.

L'exploitation des crevettes s'exerce à deux niveaux : les juvéniles sont exploités pendant le court transit que représente leur migration, par la pêcherie artisanale, et les immatures et adultes sont exploités en mer dès leur arrivée par les crevettiers. Contrairement à la majorité des études précédentes, nous avons porté notre effort sur l'analyse conjointe de ces deux pêcheries et des interactions réciproques. La pêcherie maritime, la plus complexe à modéliser, a été considérée comme la pêcherie principale, la pêcherie lagunaire intervenant

uniquement sur le recrutement pour l'amputer d'une proportion égale au taux d'exploitation de la pêcherie artisanale.

Le recrutement annuel global a été estimé à 289.10^6 recrues en 1973, et le recrutement moyen annuel pour la période 1969-1974 à 306.10^6 recrues.

Le taux d'exploitation lagunaire a été évalué à 47 % par an. Il a régulièrement augmenté de 1969 à 1975. L'ordre de grandeur actuel est de 50 %.

L'évolution des prises annuelles en mer a été calculée, dans un premier temps, dans l'hypothèse d'un recrutement constant et égal au niveau 1973 (soit 289.10^6) pour les deux alternatives suivantes : absence totale de la pêche en lagune et exploitation au taux de 47 %. La comparaison des courbes simulées et des données observées montré le passage de la première courbe à la seconde pendant le développement de la pêcherie et suggère donc une action directe de la pêche lagunaire sur la pêche en mer.

Le modèle a ensuite été utilisé pour simuler les conditions réelles d'exploitation de 1969 à 1975, c'est à dire celles d'une pêcherie non équilibrée. Les évolutions observées et simulées de la prise totale sont comparables et suggèrent également que le développement de la pêcherie artisanale de 1969 à 1975 a réduit le recrutement de la pêcherie maritime. Cette observation a été exploitée pour estimer le recrutement théorique annuel avant la pêche artisanale de 1969 à 1975, et calculer les prises annuelles théoriques qui auraient été obtenues en mer en l'absence de toute exploitation lagunaire, et en présence d'une pêche lagunaire proche du niveau actuel (50 %).

Ces prises théoriques et les efforts réels appliqués de 1969 à 1975 ont permis de calculer deux modèles de SCHAEFER propres à ces deux situations théoriques et d'estimer les prises maximum équilibrées respectives et l'effort correspondant (1123 tonnes et 3059 jours de pêche - 590 tonnes et 3037 jours de pêche).

Nous disposons donc en définitive de deux modèles, l'un supposant le recrutement constant et totalement indépendant du niveau du stock, et l'autre supposant au contraire une liaison stock-recrutement étroite. Dans la gamme des efforts observés les réponses sont pratiquement identiques. Tant que la relation stock-recrues ne sera pas élucidée la prudence conseille de maintenir le niveau d'effort de la pêcherie en mer au-dessous du niveau correspondant au M.S.Y., niveau que la pêcherie a approché en 1970 mais qui n'a encore jamais été dépassé.

D'une manière plus synthétique, l'évolution théorique de la prise totale (mer + lagune) a été calculée en fonction de l'évolution du taux d'exploitation lagunaire (de 0 à 50 %) et de l'effort de pêche en mer (de 0 à 3600 jours de pêche/an). Excepté pour les fortes valeurs de l'effort (3600 j/an) toute réduction de la pêche en lagune se traduit par une diminution des captures totales. Ceci signi- Ceci s'explique par le fait que la biomasse maximale du stock marin est maximale vers le milieu de l'année alors que ,par le biais des variations saisonnières de capturabilité le gros des captures est réalisé dans la deuxième moitié de l'année sur un stock dont la biomasse décroit rapidement.

Le même type d'analyse portant non plus sur le poids des captures mais sur leur valeur (prix CAF France) sur le marché français où elles sont exportées

conduit à des conclusions un peu différentes. L'évolution de la valeur des captures annuelles en mer en fonction de l'effort est de type exponentiel comme l'évolution pondérale mais l'évolution de la valeur annuelle totale des captures (mer + lagune) montre qu'au delà de 1200 jours/an (le niveau actuel est de 2000 j/an) toute réduction de la pêche artisanale se traduit par une augmentation de la valeur globale des captures.

8 - BIOMASSE ET FECONDITE THEORIQUE.

L'évolution de la biomasse théorique (à recrutement constant) simulée en fonction de l'exploitation. La pêche en lagune au niveau actuel correspond à une baisse de la biomasse en mer de l'ordre de 50 %, l'exploitation marine la plus intense que nous ayons observée (en 1970) correspond à une baisse supplémentaire de 18 % seulement. Le niveau actuel de la biomasse théorique est évalué à 38 % de celui du stock vierge.

L'évolution de la fécondité théorique (à recrutement constant) en fonction de l'exploitation conduit à des résultats très similaires. Au niveau actuel, la pêche en lagune est responsable d'une baisse de 50 % du potentiel de reproduction. L'exploitation la plus intense (de 1970) correspond à une baisse supplémentaire de 25 %. Au niveau actuel le potentiel reproducteur est égal à 30 % de celui du stock vierge.

La notion de fécondité potentielle, dans notre cas, une importance capitale car le stock est intensément exploité entre 3,7 et 7 mois (âge réel), c'est à dire en très grande partie avant la taille à la première maturité sexuelle qui a lieu vers 6,7 mois.

o o
o

Il se dégage tout au long de ce travail quelques notions qu'il nous paraît important de souligner.

Les travaux de dynamique portant sur des espèces tropicales à cycle court comme les penaeïdes sont assez rares et les auteurs ont utilisé les méthodes généralement préconisées pour l'étude des populations à cycle long.
Il convient de noter que, dans ce cas, la plupare des hypothèses de constance des paramètres biologiques couramment admises doivent être soigneusement examinées.
En effet, l'adoption d'un intervalle mensuel met en relief le rôle fondamental des variations saisonnières (du recrutement, de la vulnérabilité, de la structure démographique) qu'il n'est plus possible de masquer par un effet de moyenne au sein d'un intervalle annuel.

Le modèle de simulation que nous avons utilisé devra en particulier être modifié pour pouvoir prendre en compte l'évolution pondérale propre à chaque cohorte recrutée au lieu de la croissance moyenne que nous avons utilisée dans ce travail.

La variabilité saisonnière de la capturabilité doit également être précisée car elle conditionne les réponses du modèle aux hypothèses de règlementation.

Un problème fondamental reste posé de façon très aigue : celui de la relation entre le stock parental et le stock filial. Ce problème est absolument général pour tous les stocks exploités et n'a jamais été résolu de façon satisfaisante que pour quelques stocks des mers tempérées (comme celui des morues de l'Atlantique nord). Nous avons contourné la difficulté en utilisant deux modèles différents. L'un suppose que le recrutement est totalement indépendant du stock parental et l'autre, au contraire, une relation étroite (et inconnue) entre ces deux grandeurs. Nous avons alors admis que la pêcherie ne devait pas dépasser le niveau d'effort au delà duquel les 2 modèles divergent. Il n'en reste pas moins que ce problème devra être résolu si l'on veut disposer d'un outil prévisionnel fiable.

Un aspect particulier très important de ce problème est celui des variations inter-annuelles du recrutement. La prise annuelle reposant essentiellement sur le recrutement de l'année, lorsque l'effort est stable, les variations inter-annuelles de la prise totale ou du recrutement sont donc deux aspects du même phénomène. Les variations sont en général liées à celles des conditions hydrologiques et en l'absence de séries chronologiques suffisamment longues des données biologiques, une première approche pourrait consister à analyser la nature des variations inter-annuelles du milieu, non pas seulement en terme de moyenne annuelle mais surtout en termes de structure annuelle (thermique, haline, pluviométrie, etc...). Un apport non négligeable pourrait être réalisé, au départ, par l'analyse des anomalies extrêmes.

Nous pensons pouvoir entreprendre des études dans ce sens dans un avenir proche.

BREST, le 30 juin 1976.

BIBLIOGRAPHIE

ABRAMSON N.J. (1971) - Computer programs for fish stock assessments. F.A.O. Fish. tech. pap., 101.

ADIYODI K.G. et ADIYODI R.G. (1970) - Endocrine control of reproduction in decapod crustacea. Biol. rev., 45, pp. 121-165.

ALLEN D.M. et COSTELLO T.J. (1962) - The use of atkins-type tags on shrimp. U.S. Fish. Wildl. Serv., circ., 161, pp. 88-89.

BAXTER K.N. (1962) - Abundance of postlarval penaeid shrimp, one index of future shrimping success. Proc. Gulf & Caribb., Fish. Inst., 15th annual session, pp. 79-87.

BAXTER K.N. et RENFRO W.C. (1966) - Seasonal occurence and size distribution of postlarval brown and white shrimp near Galveston, Texas, with notes on species identification. Fish. bull., 66(1), pp. 149-158.

BAXTER K.N. (1967) - Shrimp dynamics program. Postlarval and juvenile shrimp. U.S. Fish. & Wildl. serv., circ., 268, pp. 14-16.

BEARDSLEY G.L. (1967) - Distribution in the water column of migrating juvenile pink shrimp, Penaeus duorarum Burkenroad, in Buttonwood canal, Everglades National park, Florida. University of Miami Ph. D. june 1967, 91 p.

BERRIT G.R. (1952) - Esquisse des conditions hydrologiques du Cap Vert à la Gambie. Bull. I.F.A.N., 14(3), pp. 735-761.

BERRIT G.R. (1958) - Les saisons marines à Pointe-Noire. Bull. C.O.E.C., X(6), pp. 335-360.

BERRIT G.R. (1962) - Contribution à la connaissance des variations saisonnières dans le Golfe de Guinée : observations de surface le long des lignes de navigation. Cah. oceanogr., 14(9), pp. 633-643.

BERRIT G.R. (1966) - Les eaux dessalées du Golfe de Guinée. Doc. sci. prov. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, 9, 15 p.

BERRIT G.R. (1969) - Les eaux dessalées du Golfe de Guinée. in : Actes symposium océanogr. ress. halieut. Atlant. trop. U.N.E.S.C.O., Abidjan(1966), pp. 13-22.

BERRY R. (1967) - Dynamics of the Tortugas pink shrimp population. University of Rhode Island, Ph. D., Zoology, 160 p.

BEVERTON R.J.H. et BEDFORD B.C. (1963) - The effect of holding tagged fish for various periods before release. I.C.N.A.F. Spec. publ.,4, pp.348-358.

BEVERTON R.J.H. et HOLT S.J. (1957) - On the dynamics of exploited fish populations. Fish. investig. series II, 19, 533 p.

BINDER E. (1968) - Répartition des mollusques dans la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Cah. O.R.S.T.O.M. ser. hydrobiol., 2(3/4), pp. 3-34.

BINET D. (1972) - Variations des biovolumes de zooplancton du plateau continental entre le Cap des Palmes et le Cap des trois pointes. Doc. scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, 3(2), pp. 60-93.

BINET D. (1975) - Le copépode planctonique Calanoïdes carinatus. Répartition et cycle biologique au large de la Côte d'Ivoire. Cah. O.R.S.T.O.M. ser. océanogr., 13(1), pp. 15-30.

BINET D. (1976) - Contribution à l'écologie de quelques taxons du zooplancton de Côte d'Ivoire. III/larves de décapodes et Lucifer. Doc. scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, 7(1).

BOEREMA L.K. (1969) - The shrimps resources in the Gulf between Iran and the arabian peninsula. F.A.O. Fish. circ., 310, 29 p.

BONDY (de) E. (1968) - Observations sur la biologie de Penaeus duorarum au Sénégal. Doc. scient. prov. C.R.O. Dakar-Thiaroye, 16, 50 p.

BOUGIS P. (1974) - Ecologie du plancton marin. I/le phytoplancton. Coll. Ecologie, 2, Masson ed., 196 p.

BURKENROAD M.D. (1939) - Further observations on penaeidea of the northern Gulf of Mexico. Bull. Bingham oceanogr. coll., 6(6), pp. 1-62.

BURUKOWSKY R.N. (1968a) - On the biology of shrimp (P. duorarum Burk.) from the Biaffra Bay. C.I.E.M. - C.M. 1968/K : 2, 7 p.

BURUKOWSKY R.N. (1968b) - The feeding of the western african coast Penaeus duorarum In : symposium sur les ressources vivantes du plateau cont. atl. africain du détroit de Gibraltar au Cap Vert. S.C. de Tenerife. Comm. n° 61, 4 p.

BURUKOWSKY R.N. (1969) - The feeding habits of rose shrimp (Penaeus duorarum) off Mauritania. Probl. comm. hydrobiol. proceedings, 65.

BURUKOWSKY R.N. (1970) - Certain aspects in oogenesis in the pink prawn (P. duorarum). Arkhiv. anatomii, gistologii i embriologii, 58(6), pp. 56-66 (en russe) traduction n° 403, Div. Foreign fisheries (translations) N.O.A.A., U.S.A.

BURUKOWSKY R.N. (1970) - On the origin of the amphiatlantic range of Penaeus duorarum. Oceanology, 10(6), pp. 1086-1088.

BURUKOWSKY R.N. et BULANENKOV S.K. (1969) - Pink shrimp biology and fishing. (en russe). Israël program for scientific translations (1971), 60 p.

BRIET R., GERLOTTO F. et GARCIA S. (1975) - La pêche artisanale en lagune Ebrié : résultats préliminaires. Note à diffusion restreinte C.R.O. Abidjan n° 10/75, 20 p.

CADIMA E. et al. (1972) - La pesqueria de camarones en occidente de Venezuela. Proyecto de investigacion y desarollo pesquero - M.A.C., P.N.U.D., F.A.O., Informe tecnico, 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, pp. 513-522.

CHABANNE J. et PLANTE R. (1971) - Analyse des échantillons des pêches industrielles de crevettes de la côte ouest de Madagascar. Cah. O.R.S.T.O.M. ser. océanogr., 9(3), pp. 363-374.

CHAMPAGNAT C. et coll. (1969) - Observations océanographiques exécutées en 1968. Doc. scient. prov. C.R.O. Dakar-Thiaroye, 19, 169 p.

COSTELLO T.J. et ALLEN D.M. (1959) - Notes on the migrations and growth of pink shrimp Penaeus duorarum. Proc. Gulf & Caribb fish. inst., 12th annual session, pp. 5-9.

COSTELLO T.J. et ALLEN D.M. (1966) - Migrations and geographic distribution of pink shrimp Penaeus duorarum of Tortugas and Sanibel grounds. U.S. Fish. & Wildl. serv., Fish. bull., 2, pp. 449-459.

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., Fish. bull., 66(3), pp. 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), pp. 1499-1537.

COPELAND B.J. (1965) - Fauna of the Aransas pass inlet, Texas. I/ Emigration as shown by tide trap collection. Publ. inst. mar. sci., 10(1), pp.9-21.

COPELAND B.J. et TRUITT V. (1966) - Fauna of the Aransas pass inlet, Texas. II/ Penaeïd shrimp postlarvae. Texas j. sci., 18(1), pp. 65-74.

CREMOUX J.L. (1970) - Observations océanographiques exécutées en 1969. Doc. scient. prov. C.R.O. Dakar-Thiaroye, 24, 216 p.

CREMOUX J.L. (1971) - Observations océanographiques exécutées en 1970. Doc. scient. prov. C.R.O. Dakar-Thiaroye, 33, 171 p.

CROSNIER A. (1963) - Les crevettes commercialisables du plateau continental dans la région de Pointe-Noire. Document multigraphié - O.R.S.T.O.M. n° 184/SR, 6 p.

CROSNIER A. (1964) - Fonds de pêche le long des côtes de la République Fédérale du Cameroun. Cah. O.R.S.T.O.M., ser. océanogr., n° spécial, 132 p.

CROSNIER A. (1965) - Les crevettes penaeïdes du plateau continental malgache. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. océanogr. supplément au volume 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 au volume 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, 86 p.

CUMMINGS W.C. (1961) - Maturation and spawning of the pink shrimp Penaeus duorarum (Burk.). Trans. amer. fish. soc., 90(4), pp. 462-468.

CUSHING D.H. (1975) - Marine ecology and fisheries. Cambridge University press., 278 p.

DAGET J. et DURAND J.R. (1968) - Etude d'un peuplement de poissons d' un milieu saumâtre poïkilohalin : la baie de Cocody en Côte d'Ivoire. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. hydrobiol., 2(2), pp. 91-112.

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), pp. 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, pp. 253-289.

DALL W. (1958) - Observations on the biology of the "Green tail" prawn Metapenaeus mastersii (Haswell) (Crustacea - Decapoda - Penaeïdea). Aust. J. mar. freshw. res., 9(1), pp. 111-194.

DANDONNEAU Y. (1972) - Aspects principaux des variations du phytoplancton sur le plateau continental ivoirien. Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, 2(2), pp. 32-59.

DANDONNEAU Y. (1973) - Etude du phytoplancton sur le plateau continental de Côte d'Ivoire. III/ Facteurs dynamiques et variations spatio-temporelles. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. océanogr., 11(4), pp. 431-454.

DE VRIES J. et LEFEVERE S. (1969) - A maturity key for Penaeus duorarum (Burk.1939) of both sexes. In : Actes symposium océanogr. ress. halieut. Atlant. trop. U.N.E.S.C.O., Abidjan 1966, pp.419-424.

DOMAIN F. (1972) - Evaluation du niveau optimum d'exploitation de deux stocks de Penaeus duorarum du plateau continental sénégambien. Doc. scient. prov. C.R.O. Dakar-Thiaroye, 17 p.

DONGUY J.R., HARDIVILLE J. et LE GUEN J.C. (1965) - Le parcours maritime des eaux du Congo. Cah. océanogr., 17(2), pp. 2-13.

DUGAS F. (1968) - Carte sédimentologique provisoire du plateau continental de Côte d'Ivoire d'Assinie à Fresco. O.R.S.T.O.M. Abidjan, 28 p, (multigraphié).

DURAND J. (1959) - Note sur le plateau continental guyannais. Les éléments principaux de la faune et leurs relations avec le fond. Cah. O.R.S.T.O.M., 3, 93 p.

DURAND J.R. (1967) - Etude des poissons benthiques du plateau continental congolais. 3ème partie : étude de la répartition, de l'abondance et des variations saisonnières. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. océanogr., 2(2), 68 p.

ECKMANN S. (1953) - Zoogeography of the sea. SIDGWICK et JACKSON Ltd. London, 1ère éd.

ELDRED B. et coll. (1961) - Biological observations on the commercial shrimps Penaeus duorarum (Burkenroad) in Florida waters. Prof. pap. ser. Fla. bd. conserv., 3, 139 p.

ELDRED B. et coll. (1965) - Seasonal distribution of penaeïd larvae and postlarvae of the Tampa bay area, Florida. Florida bd. conserv., tech. ser., 44, 45 p.

ELDRIDGE R.J. (1974) - The southeast shrimp fishery : Yield. South Carolina marine resources center, tech. rep., 5, pp. 161-169.

FAGER E.W. et LONGHURST A.R. (1968) - Recurrent group analysis of species assemblages of demersal fish in the Gulf of Guinea. J. fish. res. bd. Canada, 25(7), pp. 1405-1421.

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, Bahreïn, 29 nov-2 déc. 1971, 44 p.

FAUSTO FILHO J. (1968) - General considerations on the penaeids of North and Northeast Brazil. Arq. Est. biol. mar. univ. fed. Ceara, 8(1), pp. 69-73.

FONTANA A. et BA M'BAYE (1972) - La pêche de Penaeus duorarum au Gabon. Doc. scient. Cent. O.R.S.T.O.M. Pointe-Noire, NS 19, 9 p.

FOX W.W. Jr. (1970) - An exponential surplus yield model for optimizing exploited fish populations. Trans. amer. fish. soc., 99(1), pp. 80-88.

FOX W.W. Jr. (1974) - An overview of production modeling. Rec. doc. scient. I.C.C.A.T., 3, S.C.R.S./74/13, pp. 142-156.

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'état. Univ. Aix-Marseille, 268 p.

FUSS C.M. Jr. (1964) - Observations on burrowing behaviour of the pink shrimp Penaeus duorarum (Brukenroad). Bull. mar. sci. Gulf & Caribb., 14(1), pp. 62-73.

FUSS C.M. Jr. et OGREN L. (1966) - Factor affecting activity and burrowing habits of pink shrimp Penaeus duorarum (Burkenroad). Biol. bull., 130(2), pp. 170-191.

GALOIS R. (1974) - Biologie, écologie et dynamique de la phase lagunaire de Penaeus duorarum en Côte d'Ivoire. Biométrie et croissance. Doc. scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, 5(1-2), pp. 53-71.

GALOIS R. (1975) - Biologie, écologie et dynamique de la phase lagunaire de Penaeus duorarum en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat de spécialité. Université de Luminy, Marseille, août 1975, 120 pp.

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), pp. 17-48.

GARCIA S. (1972) - Biologie de Penaeus duorarum en Côte d'Ivoire. II/ Ponte et migration. Doc. scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, 3(1), pp. 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), pp. 29-48.

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), pp. 1-39.

GARCIA S. (1975) - Biologie de Penaeus duorarum notialis en Côte d'Ivoire. V/ Nouvelle étude de la croissance. Doc. scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, 6(1), pp. 1-19.

GARCIA S. et FONTENEAU A. (1971) - La pêche à la crevette en Côte d'Ivoire. Bilan 1969-1970 et perspectives. Pêche maritime, n° 1120, pp.590-593.

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. Abidnan, 4(2), pp. 71-104.

GHENO Y. et LE GUEN J.C. (1968) - Détermination de l'âge et croissance de Sardinella eba (Val.) dans la région de Pointe-Noire. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. océanogr., 6(2), pp. 69-82.

GRADY J.R. (1970) - The distribution of sediment properties and shrimp catch on two shrimping grounds on the continental shelf of the Gulf of Mexico. Proc. Gulf & Caribb. Fish. inst., 23rd annual session, pp. 139-148.

GRAHAM M. (1956) - Sea fisheries. Their investigation in the United Kingdom. Edward Arnold (London), 488 p.

GRIFFIN W.L., NICHOLS J.P. et LACEWELL R.D. (1973) - Trends in catch/effort series : Gulf of Mexico shrimp fishery. Texas Agr. exp. sta., Texas A & M univ., Dep. tech. rep., 85 p.

GULLAND J.A. et HOLT S.J. (1959) - Estimation of growth parameters from unequal time intervals. J. cons., 25(1), pp. 47-49.

GULLAND J.A. (1961) - Fishing and the stocks of fish at Iceland. G.B. Minist. agric., Fish. & food, Fish. invest., ser. 2, 23(4), pp. 1-32.

GULLAND J.A. (1963) - The estimation of fishing mortality from tagging experiments. I.C.N.A.F. spec. publ., 4, pp. 218-228.

GULLAND J.A. (1968) - The concept of the maximum sustainable yield and fishery management. F.A.O. Fish. tech. pap., 70, pp. 1-13.

GULLAND J.A. (1969) - Manuel des méthodes d'évaluation des stocks d'animaux aquatiques. Première partie : analyse des populations. Manuel F.A.O. de science halieutique, 4 - FRS/MA 160 p.

GULLAND J.A. (1969) - Fisheries management and the limitation of fishing. F.A.O., Tech. pap. 92, pp. 1-13.

GUNTER G. (1950) - Seasonal population changes and distribution as related to salinity of certain invertebrates on the Texas coast including the commercial shrimp. Publ. inst. mar. sci., 1(2), pp. 7-51.

GUNTER G., CHRISTMAS J.Y. et KILLEBREW R. (1964) - Some relations of salinity to populations distribution of motile estuarine organisms with special reference to penaeid shrimp. Ecology, 45(1), pp. 181-185.

GUNTER G. et EDWARDS J.C. (1969) - The relation of rainfall and water drainage to the production of the penaeid shrimp P. fluviatilis (Say) and P. aztecus (Ives) in Texas and Louisiana waters. F.A.O. Fish. rep., 57(3), pp. 875-892.

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. sci. Gulf & Caribb., 4(2), pp. 95-103.

HALL D.N.F. (1962) - Observations on the taxonomy and biology of some Indo-West Pacific penaeïdae (Crustacea, Decapoda). Fishery publ. colon. office, 17, pp. 1-229.

HAYES M.O. (1967) - Relationship between coastal climate and bottom sediment type on the inner continental shelf. Mar. geol., 5, pp. 111-132.

HILDEBRANDT H.H. (1954) - A study of the fauna of the brown shrimp (Penaeus aztecus Ives) grounds in the western Gulf of Mexico. Bull. inst. mar. sci., Univ. Texas, 3, pp. 233-366.

HILDEBRANDT H.H. (1955) - A study of the fauna of the pink shrimp (P. duorarum Burkenroad) grounds in the Gulf of Campèche. Publ. inst. mar. sci. Univ. Texas, 4(1), pp. 171-231.

HILDEBRANDT H.H. et GUNTER G. (1953) - Correlation of rainfall with Texas catch of white shrimp P. setiferus (L.). Trans. amer. fish. soc., 82, pp. 151-155.

HOESTLANDT H. (1966) - Premières recherches sur le cycle biologique de Penaeus duorarum Burkenroad 1939 en Afrique occidentale (Dahomey). Mémoire I.F.A.N., 77, pp. 477-498.

HOESTLANDT H. (1969) - Recherches sur le cycle biologique de la crevette P. duorarum Burkenroad 1939 au Dahomey. F.A.O. Fish. rep., 57(3), pp. 687-708.

HUGHES D.A. (1969) - Factors controlling time emergence of pink shrimp Penaeus duorarum. F.A.O. Fish. rep., 57(3), pp. 971-981.

I.C.E.S. - F.A.O. (1968) - Symposium sur les ressources vivantes du plateau continental atlantique africain du détroit de Gibraltar au Cap Vert. Santa-Cruz de Teneriffe, Iles Canaries, 20-28 mars 1968.

IDYLL C.P. et JONES A.C. (1965) - Abundance and distribution of pink shrimp larvae and postlarvae in southwest Florida waters. U.S. Fish & Wildl. serv., circular 230, pp. 25-27.

I.F.A.N. (1966) - Réunion de spécialistes C.S.A. sur les crustacés. Zanzibar (1964). Mémoires I.F.A.N., 77.

IMAI T. et coll. (1971) - Aquaculture marine côtière (Développement). Koseisha Koseikaku, 454 p. (en japonais).

IVERSEN E.S. et IDYLL C.P. (1960) - Aspects of the biology of the Tortugas pink shrimp Penaeus duorarum. Trans. amer. fish. soc., 80(1), pp. 1-8.

IVERSEN E.S. et JONES A.C. (1961) - Growth and migration of Tortugas pink shrimp, Penaeus duorarum, and changes in the catch per unit of effort of the fishery. Tech. ser., Fla. bd. conserv., 34, 28 p.

IVERSEN E.S., JONES E.J. et IDYLL C.P. (1960) - Size distribution of pink shrimp Penaeus duorarum and fleet concentration on the Tortugas fishing grounds. U.S. Fish & Wildl. serv., Spec. sci. rep. fish., 356, 62 p.

JONES A.C. et DRAGOVITCH A. (1973) - Investigations and management of the Guianas shrimp fishery under the U.S. Brazil agreement. Proc. Gulf & Caribb., Fish. inst., 25th annual session, pp. 26-33.

JOSEPH K.M. (1971) - Crustacean fisheries of the west coast of India. Indian Ocean fishery commission/DEV/71/21, 23 p.

JOYCE E.A. Jr. (1965) - The commercial shrimp of the northeast coast of Florida. Fla. bd. conserv., Prof. pap. ser., 6, 224 p.

KIRKEGAARD I., TUMA D.J. et WALKER R.H. (1970) - Synopsis of biological data on the banana prawn Penaeus merguiensis de Man, 1888. C.S.I.R.O. Fish. oceanogr., Fish. synopsis, 8, 40 p.

KLIMA E.F. (1965) - Evaluations of biological stains, inks and fluorescent pigments as marks for shrimp. U.S. Fish. & Wildl. serv., Spec. sci. rep. fish., 511, 8 p.

KNIGHT W. (1968) - Asymptotic growth : an example of nonsense disguised as mathematics. J. Fish. res. bd. Canada, 25, pp. 1303-1307.

KURATA H. (1962) - Studies on age and growth of crustacea. Bull. Hokkaïdo reg. fish. res. lab., 24, 115 p.

KUTKUHN J. (1966) - Dynamics of a penaeïd shrimp population and management implications. U.S. Fish. & Wildl. serv., Fish. bull., 65(2), pp. 313-338.

LAUREC A. et BRANELLEC (1976)- Catalogue des programmes d'ordinateur concernant le modèle de Ricker. Rapports scient.techn.,C.N.E.X.O.,(sous presse)

LEE TRENT W. (1966) - Size of brown shrimp and time of emigration from the Galveston by system. Texas, proc. Gulf & Caribb., Fish. inst., 19th annual session, pp. 7-16.

LEFEBVRE M. (1908) - Notice sur le Penaeus brasiliensis du bas Dahomey. Bull. Mus. hist. nat. Paris, 14, 3 p.

LEFEVERE S. (1970) - Les crevettes du Nigéria. Bull. inst. R. scient. nat. Belg., 46(25), 17 p.

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), pp. 3-84.

LE GUEN J.C. (1972) - Stock, 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 CROSNIER A. (1968) - Contribution à l'étude du rythme quotidien d'activité de la crevette Penaeus duorarum (Crustacea, Decapoda, natantia). Bull. Mus. hist. nat. Paris, 40(2), pp. 342-350.

LE GUEN J.C. et SAKAGAWA G.T. (1973) - Apparent growth of yellowfin tuna from the eastern atlantic ocean. U.S. Fish. bull., 71(1), pp. 175-187.

LE GUEN J.C. et J.P. WISE (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), pp. 79-93.

LE LOEUFF P. et INTES A. (1968) - La faune benthique du plateau continental de Côte d'Ivoire. Récoltes au chalut, abondance, répartition, variations saisonnières (mars 1966 à février 1967). Doc. scient. prov. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, 25, 78 p.

LEMASSON L. et REBERT J.P. (1973a) - Circulation dans la partie orientale de l'Atlantique sud. Doc. scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, 4(1), pp. 91-124.

LEMASSON L. et REBERT J.P. (1973b) - Circulation dans le Golfe de Guinée. Etude de la région d'origine du sous-courant ivoirien. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. océanogr., 9(3), pp. 303-314.

LEMASSON L. et REBERT J.P. (1973c) - Les courants marins dans le golfe ivoirien. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. océanogr., 11(1), pp. 67-96.

LE RESTE L. (1971) - Rythme saisonnier de la reproduction, migration et croissance des postlarves et des jeunes chez la crevette P. indicus H. Milne Edwards de la baie d'Ambaro (côte N.O. de Madagascar). Cah. O.R.S.T.O.M., sér. océanogr., 9(3), pp. 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 N.O. de Madagascar). Contribution à l'étude d'une baie eutrophique tropicale. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. océanogr., 11(2), pp. 179-189.

LE RESTE L. (1973b) - Etude du recrutement de la crevette Penaeus indicus H. Milne Edwards dans la région de Nosy-Bé (côte N.O. de Madagascar). Cah. O.R.S.T.O.M., sér. océanogr., 11(2), pp. 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. et MARCILLE J. (1976) - Biologie de la crevette Penaeus indicus H. Milne Edwards à Madagascar : croissance, recrutement, migration, reproduction, mortalités. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. océanogr., 14.

LINDNER M.J. et ANDERSON W.W. (1956) - Growth, migration spawning and size distribution of shrimp Penaeus setiferus. U.S. Fish & Wildl. serv., Fish. bull., 56, pp. 554-645.

LINDNER M.J. et BAILLEY J.E. (1968) - Distribution of brown shrimp Penaeus aztecus (Ives) as related to turbid waters photographed from space. Fish. bull., 67(2), pp. 289-294.

LONGHURST A.R. (1958) - An ecological survey of the west african marine benthos. Coll. off. fish. publ., 11, 102 p.

LONGHURST A.R. (1962) - A review of the oceanography of the Gulf of Guinea. Bull. I.F.A.N., sér. A, 24(3), pp. 633-663.

LONGHURST A.R. (1964) - The coastal oceanography of western Nigeria. Bull. I.F.A.N., sér. A, 26(2), pp. 337-402.

LONGHURST A.R. (1965) - Shrimp potential of the eastern Gulf of Guinea. Comm. fish. rev., pp. 9-12.

LONGHURST A.R. (1969) - Species assemblages in tropical demersal fisheries. In : actes symposium océanogr. Ress. Halieut. Atlant. trop. U.N.E.S.C.O. Abidjan (1966), pp. 147-170.

LONGHURST A.R. et BAINBRIDGE V. (1963) - Tropical fisheries resources. Fishing News int., 19, 6 p.

LUCAS P. (1966) - Etat des éléments réunis concernant les crevettes en Côte d'Ivoire. Rapport dactylographié, 1015/PL/ka. Centre Rech. Océanogr. Abidjan.

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, pp. 143-149.

MACIAS-ORTIZ A. (1969) - Frecuencia de camaron postlarval (Penaeus fabricius) relationada con la temperatura y la salinidad en la costa de Ciudad Madero, Tamaulipas, Mexico. F.A.O. Fish. rep., 57(2), pp. 321-329.

MARCILLE J. (1972) - Les stocks de crevettes penaeïdes côtières malgaches. Doc. scient. Centre Nosy-Bé, O.R.S.T.O.M., 25, 24 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.

MARTIN L. (1973) - Morphologie, sédimentologie et paléogéographie au quaternaire récent du plateau continental ivoirien. Thèse de Doctorat ès-Sciences Naturelles. Université de Paris IV, juin 1973, 340 p. 3 cartes H.T.

MARTOSUBROTO P. (1974) - Fecundity of pink shrimp Penaeus duorarum (Burkenroad). Bull. mar. sci., 24(3), pp. 606-627.

MASSUTI M. (1960) - Estudio del crescimiento relativo de la gamba blanca (Parapenaeus longirostris Lucas) de Mallorca. Bol. inst. espanol. oceanogr., 102, 23 p.

MAURIN C. (1968) - Les crustacés capturés par la Thalassa en 1962 dans le détroit canarien, au rio de Oro et en Mauritanie. In : Symposium sur les ressources vivantes du plateau continental atlantique du détroit de Gibraltar au Cap Vert. C.I.E.M. (F.A.O.) Santa-Cruz de Ténériffe (Mars 1968), 7, 9 p.

MAZEIKA P.A. (1968) - Serial Atlas of the marine environment, folio 16 - Mean monthly sea surface temperatures and zonal anomalies of the tropical Atlantique. New York American Geographical Society, 1968, 16 p.

Mc COY E. (1968) - Migration, growth and mortality of north Carolina pink and brown penaeïd shrimps. Div. Comm. sportfish., North Carolina dept. conserv., Spec. sci. rep., 15, 26 p.

Mc COY E. et BROWN J.T. (1967) - Preliminary investigations of migration and mouvement of North Carolina commercial penaeïd shrimp. Ann. comm. southern div. amer. fish. soc., New Orleans, pp. 277-295.

MISTAKIDIS M.N. (1968-1969-1970) - Actes de la conférence scientifique mondiale sur la biologie et l'élevage des crevettes. F.A.O. Fish. rep., 57(2,3,4).

MORLIERE A. (1970) - Les saisons marines devant Abidjan. Doc. scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, 1(2), pp. 1-15.

MORLIERE A. et REBERT J.P. (1972) - Etude hydrologique du plateau continental ivoirien. Doc. scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, 3(2), pp. 1-30.

MUNRO J.L., JONES A.C. et DIMITRIOU D. (1968) - Abundance and distribution of the larvae of the pink shrimp (Penaeus duorarum) on the Tortugas shelf of Florida, august 1962- october 1964. Fish. bull., 67(1), pp.165-181.

NEAL R.A. (1969a) - Methods of marking shrimps. F.A.O. Fish. rep., 57(3), pp. 1149-1165.

NEAL R.A. (1969b) - Shrimp dynamic programm. U.S. Fish & Wildl. serv., Circ., 325, pp. 12-13.

NEAL R.A. (1970) - Experimentos de marca - Recaptura de camarones. Com. nac. consult. pesca., Mexico, serie divulgacion, 5, 38 p.

NIKOLSKII G.V. (1969) - Theory of fish population dynamics. Oliver and Boyd. Edinburgh, 323 p.

OBAKIN M.A. (1969) - Fishing for the pink prawn P. duorarum Burkenroad in the Lagos lagoon. Fed. fish. serv., Ann. rep. Nigéria, pp. 21-25.

OBAKIN M.A. (1970) - Contribution to the study of the biology of the pink shrimp Penaeus duorarum (Burk.) in the Lagos lagoon. Fed. fish. serv., Ann. rep., Nigéria, pp. 24-26.

OCONNEL C.P. et RAYMOND L.P. (1970) - The effect of food density on survival and growth of early yolk sac larvae of the northern anchovy (Engraulis mordax - Garard). J. exp. mar. biol. ecol., 5, pp. 187-197.

OSBORN K.W., MAGHAN B.W. et DRUMMOND S.B. (1969) - Gulf of Mexico shrimp atlas. Bur. comm. fish., U.S. dept. interior circular 312, 20 p.

PARKER J.C. (1970) - Distribution of juvenile brown shrimp P. aztecus Ives in Galveston bay (Texas) as related to certain hydrographic features and salinity. Cont. mar. sci., 15, pp. 1-12.

PAULIK G.J. et BAYLIFF W.H. (1967) - A generalized computer program for the Ricker model of equilibrium yield per recruitement. J. Fish. res. bd. Canada, 24(2), pp. 249-259.

PELLA J.J. et TOMLINSON P.K. (1969) - A generalized stock production model. I.A.T.T.C. Bull., 13(3), pp. 421-452.

PENN J.W. (1975) - Tagging experiments with western king prawn Penaeus latisulcatus Kishinouye. I/ Survival, growth and reproduction of tagged prawns. Aust. J. mar. freshw. res., 1975, 26, pp. 197-211.

PERES J.M. (1961) - Océanographie biologique et biologie marine. I/ La vie benthique. Presses universitaires de France, 539 p.

PEREZ-FARFANTE I. (1969) - Western atlantic shrimps of the Genus Penaeus. U.S. Fish. & Wildl. serv., Fish. bull., 67(3), pp. 461-591.

POSTEL E. (1962) - La faune du continent africain - Biologie marine et biologie appliquée à l'industrie des pêches. U.N.E.S.C.O. NS/NR 2, add. 2, pp. 385-406.

POSTEL E. (1968) - Hydrologie et biogéographie marines dans l'ouest africain. West-africain international Atlas O.A.U./I.F.A.N. Dakar, pp. 13-17.

PULLEN E.J. et LEE-TRENT W. (1969) - White shrimp emigration in relation to size, sex, temperature, and salinity. F.A.O. Fish. rep., 57(3).

RACEK A.A. (1959) - Prawn investigations in eastern Australia. State fish. res. bull., 6, 57 p.

RAHM U. (1964) - Zur oekologie des zooplankton der lagune Ebrié (Elfenbeinkuste). Acta tropica, 21(1), pp. 1-47.

RAITT D.F.S. et NIVEN D.R. (1965) - Prawn industry for Nigeria ? Fish. news. Int., 4(4), pp. 481-482.

RAITT D.F.S. et NIVEN D.R. (1969) - Exploratory prawn trawling in the waters off the Niger delta. In : Symposium sur l'océanographie et les ressources halieutiques de l'Atlantique tropical (1er). Abidjan 1966. Actes. Rapports de synthèse et communications U.N.E.S.C.O. Paris, pp. 403-414.

RANCUREL P. (1968) - Topographie générale du plateau continentale de la Côte d'Ivoire et du Libéria. Notice explicative O.R.S.T.O.M., 3 cartes.

RANCUREL P. (1971) - Les "Teredinidae" (mollusques lamellibranches) dans les lagunes de Côte d'Ivoire. Mémoires O.R.S.T.O.M., 47, 232 p.

RAO P.V. (1969) - Maturation and spawning of the penaeid prawns of the south west coast of India. F.A.O. Fisheries report, 57(2), pp. 285-307.

REGNAULT M. et COSTLOW J.D. (1970) - Influence de la température et de la salinité sur le développement larvaire de Crangon septemspinosa SAY (Decapoda - Caridea). Vie et Milieu, sér. A, 21(2A), pp. 453-466.

REGNAULT M. (1970) - Croissance au laboratoire de Crangon septemspinosa SAY (Crustacea Decapoda natantia), de la métamorphose à la maturité sexuelle. Bull. Mus. hist. nat., 2, 42(5), 1970 (1971), pp. 1108-1126.

RICKER W.E. (1958) - Hand book of computations for biological statistics of fish populations. Fish. res. bd. 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.

RIBEIRO A. (1970) - Contribution à l'étude des crevettes d'intérêt économique du plateau continental de l'Angola. Notas Centro biol. aquat. trop. Lisboa, 21, 94 p, 2 pls.

ROBSON D.S. (1966) - Estimation of the relative fishing power of individual ships. I.C.N.A.F. res. bull., 3, pp. 5-14.

ROESSLER M.A., JONES A.C. et MUNRO J.L. (1969) - Larval and postlarval pink shrimp Penaeus duorarum in south Florida. F.A.O. Fish. rep., 57(3), pp. 859-866.

ROJAS-BELTRAN R. (1975) - Biologie de deux espèces de crevettes des Caraïbes colombiennes : Penaeus (melicertus) duorarum notialis Perez-Farfante 1967, et P. (lithopenaeus) schmitti Burkenroad (1936). Thèse de Doctorat de spécialité. Univ. Paris VI, 135 p.

ROSSIGNOL M. et ABOUSSOUAN M.T. (1965) - Hydrologie marine côtière de la presqu'île du Cap Vert. Contribution à l'étude de la productivité des eaux. Publ. prov. O.R.S.T.O.M., C.R.O. Dakar-Thiaroye, 156 p.

ROSSIGNOL M., BLACHE J. et REPELIN R. (1962) - Fonds de pêche le long de la République du Gabon. Cah. O.R.S.T.O.M., Océanogr. trav. Centre Pointe-Noire, 1, 15 p.

ROSSIGNOL M. et REPELIN R. (1961) - La crevette "brésilienne" (Penaeus duorarum Burk.) des côtes ouest-africaines. Etude biométrique des populations du Cameroun, du Gabon et du Congo. Travaux du Centre d'Océanographie (O.R.S.T.O.M.), Pointe-Noire, Bull., 1, pp. 258-264.

ROUGERIE G. (1960) - Le façonnement actuel des modelés en Côte d'Ivoire forestière. Mémoires I.F.A.N., 58, 542 p.

ROUNSEFELL G.A. (1963) - Marking fish and investebrates. U.S. Fish. & Wildl. serv., Fish. leaf., 545, pp. 1-12.

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), pp. 221-228.

SALOMAN C.H. (1965) - Bait shrimp (Penaeus duorarum) in Tampa bay, Florida. Biology, fishery economics and changing habitat. U.S. Fish. & Wildl. serv., Spec. sci. rep., Fish., 520.

SALOMAN C.H. (1968) - Diel and seasonnal occurence of pink shrimp Penaeus duorarum (Burk.) in two divergent habitats of Tampa bay, Florida. U.S. Fish. & Wildl. serv., Spec. sci. rep., Fish., 561, 6 p.

SAMIR-ZAKI R. (1969) - Further analysis of ration and growth relationship of plaice. J. Fish. res. bd. Canada, 26(12), pp. 3237-3241.

SCHAEFER M.B. (1954) - Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. I.A.T.T.C. 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. I.A.T.T.C. Biol., 2(6), pp. 245-285.

SCHOTT G. (1944) - Géographie des Atlantischen Ozeans. Verlag Von C. BOYSEN, Hamburg, 438 p., 27 pls.

SPRINGER S. et BULLIS H.R. (1954) - Exploratory shrimp fishing in the Gulf of Mexico. Comm. fish. rev., 16(10), pp. 1-16.

SUBRAMANYAM M. (1965) - Lunar, diurnal and tidal periodicity in relation to the prawn abundance and migration in the Godavari estuarine systems. Fishery technol., Ernakulam, 2(1), pp. 26-33.

TABB D.C. et al. (1962) - Studies on the biology of the pink shrimp Penaeus duorarum (Burk) in Everglades National park, Florida. Fla. bd. conserv. tech. ser., 37, 30 p.

TANAKA S. (1962) - A method of analysing a polymodal frequency distribution and its application to the length distribution of the Porgy Taïus Tumifrons (T. and S.). J. fish. res. bd. Canada, 19(6), pp. 1143-1159.

TASTET J.P. (1974) - L'environnement physique du système lagunaire Ebrié. Ser. documentation, Univ. Abidjan, 11 (2 volumes).

THOMAS D. (1969) - Prawn fishing in nigerian waters. In : Symposium sur l'Océanographie et les ressources halieutiques de l'Atlantique tropical (1er). Abidjan. Actes. rapports de synthèse et communications. U.N.E.S.C.O. Paris, pp. 415-418.

THOMPSON J.M. (1956) - Fluctuations in australian prawn catch. Proc. Indo. Pacif. fish. council, 6th annual session, pp. 444-446.

TIEWS K. (1965) - The use of plastic tags for tagging small shrimp (Crangon vulgaris, Fabricius) and on the problem of tagging experiments on this species of shrimp. Symp. on Crustacea IV, Mar. biol. ass. India, pp. 1296-1300.

TOMLINSON P.K. (1970) - A generalization of the Murphy catch equation. J. fish. res. bd. Canada, 27, pp. 821-825.

TOMLINSON P.K. et ABRAMSON N.J. (1961) - Fitting a Von Bertalanffy growth curve by least squares. Calif. dep. fish. game, Fish. bull., 116, 69 p.

TROADEC J.P. (1960) - Transparence des eaux dans le Golfe de Guinée. Doc. scient. Cent. O.R.S.T.O.M. Pointe-Noire (dactylographié), 25 p.

TROADEC J.P. (1968) - Note sur le développement possible de l'exploitation des crevettes en Côte d'Ivoire. Doc. scient. prov. Centre Rech. Océanogr. Abidjan (O.R.S.T.O.M.), 20, 19 p.

TROADEC J.P., GARCIA S. et PETIT P. (1969) - L'exploitation des crevettes en Côte d'Ivoire, de solides raisons d'espérer. Pêche maritime, 1095, pp. 434-436.

U.N.E.S.C.O. (1969) - Actes du Symposium sur l'océanographie et les ressources halieutiques de l'Atlantique tropical. Abidjan (Côte d'Ivoire) 20-28 octobre 1966, 430 p.

VARLET F. (1958) - Le régime de l'Atlantique près d'Abidjan (Côte d'Ivoire) - Essai d'océanographie littorale. Etudes éburnéennes, I.F.A.N., 7, pp. 101-220.

VERSTRAETE J.M. (1970) - Etude quantitative de l'upwelling sur le plateau continental ivoirien. Doc. scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan.

WICKHAM D.A. (1967) - Observations on the activity patterns in juveniles of the pink shrimp Penaeus duorarum. Bull. mar. sci., 17(4), pp. 769-786.

WILLIAMS A.B. (1958) - Substrates as a factor in shrimp distribution. Limnol. & Oceanogr., 3(3), pp. 283-290.

WILLIAMS A. B. (1969).- Penaeid shrimp catch and heat summation: an apparent relationship. F.A.O. Fish. rep. 57(3), pp. 643-656.

WOODMANSEE R.A. (1958) - Seasonnal distribution of zooplancton off Chicken key in Biscayne bay, Florida. Ecology, 39, pp. 247-263.

YOKEL B.J. (1970) - The migration of juvenile pink shrimp (P. duorarum) from a south Florida estuary. Univ. Miami, Rosenstiel school of marine & atmosph., Sci. final report, 41 p.

YOKEL B.J., IVERSEN E.S. et IDYLL C.P. (1969) - Prediction of the success of commercial shrimp fishing on the Tortugas grounds based on enumeration of emigrants from the Everglades national park estuary. F.A.O. Fish. rep., 57(3), pp. 1029-1039.

ZEIN-ELDIN Z.P. (1963) - Effects of salinity on growth of post-larvae penaeid shrimp. Biol. bull., 125, pp. 188-196.

ZEIN-ELDIN Z.P. et ALDRICH D.V. (1965) - Growth and survival of postlarval penaeid shrimp under controlled conditions of temperature and salinity. Biol. bull. 129(1), pp. 199-216.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION

I. RELATION ENTRE LA REPARTITION ET LES CONDITIONS DU MILIEU. ETUDE DES VARIATIONS DU SEX-RATIO 5

1. Matériel et méthodes 7

2. Description du milieu marin 7
   2.1. La couverture sédimentaire
   2.2. Le milieu physique

3. Répartition de l'abondance 10
   3.1. Répartition géographique
   3.2. Répartition bathymétrique
      3.2.1. En Côte d'Ivoire
      3.2.2. Sur les autres fonds de pêche
   3.3. Facteurs de répartition
      3.3.1. La couverture sédimentaire
      3.3.2. Les conditions hydrologiques
   3.4. Conclusions

4. Répartition des tailles et sex-ratio 24
   4.1. Répartition bathymétrique des tailles
   4.2. Etude du sex-ratio
      4.2.1. Le sex-ratio à la migration
      4.2.2. Le sex-ratio en mer
   4.3. Conclusions

II. ETUDE DES VARIATIONS QUOTIDIENNES DE RENDEMENTS ET DE LEUR RELATIONS AVEC L'HYDROCLIMAT - ESSAI DE GENERALISATION AU GOLFE DE GUINEE 33

1. Hydroclimats 37
   1.1. Caractéristiques générales
      1.1.1. Les zones d'upwellings
      1.1.2. Les zones d'oscillations des fronts
   1.2. La transparence
      1.2.1. Dans les zones d'upwellings
      1.2.2. Dans la zone d'oscillation du Cap Vert

2. Matériel et méthodes 41
   2.1. Résultats obtenus par les crevettiers professionnels
   2.2. Campagnes expérimentales
   2.3. Traitement des données

3. Résultats et discussions 42
   3.1. Zones d'upwellings
      3.1.1. Dépouillement des cahiers de pêche
      3.1.2. Campagnes expérimentales
      3.1.3. Discussion

3.2. La zone sénégambienne d'oscillation des masses d'eau
3.3. Hypothèses concernant le mécanisme de ces variations saisonnières de comportement
3.3.1. Comportement apparent nocturne
3.3.2. Comportement apparent diurne
3.3.3. Comportement de transition

III. ETUDE DE LA MATURATION SEXUELLE 55

1. Matériel et méthodes 57
1.1. Campagnes expérimentales à Grand Bassam
1.2. Echantillonnages des débarquements
1.3. Echelle de maturité

2. Résultats 59
2.1. Taille à la première maturité sexuelle
2.2. Saisons de ponte
2.2.1. Campagnes expérimentales 1969-70
2.2.2. Analyse des débarquements
2.2.3. Schéma annuel moyen
2.3. Conclusions
2.3.1. Liaison entre la température et la maturation
2.3.2. Liaison entre la productivité et la maturation

IV. ETUDE DE LA MIGRATION DES POSTLARVES 65

1. Introduction 67

2. Matériel et méthodes 67
2.1. Matériel
2.2. Stations d'échantillonnages
2.3. Périodicité d'échantillonnage et simplicité de l'indice d'abondance
2.3.1. Mise en évidence des rythmes nycthéméral et tidal
2.3.2. Choix d'un indice d'abondance

3. Variations saisonnières d'abondance 72
3.1. Relations entre la maturité sexuelle et l'abondance larvaire
3.2. Chronologie des générations

4. Variations saisonnières du stade de développement larvaire ... 75

5. Variations saisonnières de la taille 78
. Relation phytoplancton/taille des larves
. Relation zooplancton/taille des larves
. Relation température/taille des larves

6. Conclusions 80

V. LA MIGRATION DES JUVENILES ET LEUR EXPLOITATION 83

1. Introduction 85

2. Description de milieu physique lagunaire 85
2.1. Description du complexe lagunaire
2.2. Pluviométrie
2.3. Apports continentaux
2.4. Hydrologie lagunaire

3. Description de la pêcherie artisanale 87
3.1. Evolution et répartition de la puissance de pêche
3.2. Techniques de pêche
3.2.1. La pêche au filet fixe
3.2.2. La pêche au filet traînant
3.3. Origine et critique des statistiques de pêche
3.3.1. Lagune Tagba
3.3.2. Lagune Ebrié

4. Analyse des rendements 100
4.1. Mise en évidence des rythmes nycthéméral et tidal
4.2. Mise en évidence d'un rythme lunaire
4.3. Etude des variations saisonnières d'abondance
4.3.1. En lagune Tagba
4.3.2. En lagune Aby
4.3.3. En lagune Ebrié
4.3.4. Conclusions
4.4. La migration et les conditions de milieu
4.4.1. La température
4.4.2. La salinité
4.4.3. Les courants
4.5. Etude des variations géographiques d'abondance
4.6. Variations géographiques d'abondance et conditions de milieu
4.6.1. Les limites de la distribution
4.6.2. Les variations d'abondance à l'intérieur des limites

5. Sex-ratio et taille à la migration 120
5.1. Le sex-ratio
5.2. La taille à la migration
5.2.1. Relation entre la croissance et la taille à la migration
5.2.2. Action directe des conditions de milieu sur la croissance
5.2.3. Action des conditions de milieu sur la durée du séjour en lagune
5.2.4. Relation entre l'abondance et la taille à la migration
5.2.5. Relation entre le recrutement et la taille à la migration
5.2.6. Conclusions

6. Migration et recrutement 128

7. Reconstitution du cycle vital 129

VI. ETUDE DESCRIPTIVE DE LA PECHE EN MER 133

1. Evolution de la pêcherie 135
1.1. Evolution de l'effort de pêche
1.2. Evolution des débarquements

2. Statistiques disponibles 137
2.1. Statistiques globales de débarquement
2.2. Statistiques de pêche détaillées
2.3. Echantillonnages pour mensurations

3. Standardisation de l'effort de pêche 139
3.1. Utilisation de la méthode de ROBSON (1966)
3.2. Standardisation des SICRUS

4. Analyse des variations de rendement 145
4.1. Débarquement des chalutiers de 1955 à 1967
4.2. Les campagnes expérimentales
4.3. Les rendements de la flottille crevettière
4.4. Conclusions

VII. ESTIMATION DES PARAMETRES BIOLOGIQUES 151

1. Estimation des paramètres de croissance par la méthode de Petersen 153
1.1. Récolte et traitement des données
1.1.1. Description de la méthode des maximums successifs
1.1.2. Avantages et inconvénients de la méthode
1.2. Etude de la croissance des femelles
1.3. Etude de la croissance des mâles
1.4. L'âge maximum
1.5. Discussion

2. Estimation des paramètres de croissance par marquage 163
2.1. Introduction
2.2. Méthodes
2.3. Résultats
2.3.1. Marquages du 19-20/7/1972
2.3.2. Marquages du 27-28/2/1973
2.3.3. Marquages du 8- 9/8/1973
2.3.4. Marquages du 10/10/1973
2.3.5. Marquages du 20-22/11/1973
2.4. Interprétation des résultats
2.5. Comparaison des résultats
2.5.1. Sur la côte ouest-africaine
2.5.2. En Floride
2.6. Conclusions

3. Mortalités et migration 176
3.1. Méthodes
3.2. Analyse des données
3.2.1. Influence de l'heure de largage sur le taux de recapture
3.2.2. Influence de la taille au marquage sur le taux de recapture
3.3. Migrations
3.4. Evaluation des mortalités globales
3.4.1. Marquages de février 1973 à Grand Bassam
3.4.2. Marquages d'août 1973 à Grand Bassam
3.4.3. Interprétation des résultats
3.4.4. Généralisation des résultats

3.5. Essai d'évaluation des mortalités par âge
3.5.1. La mortalité naturelle
3.5.2. La mortalité par pêche

VIII. EVALUATION DU STOCK ET CONDITIONS OPTIMALES D'EXPLOITATION 199

1. Choix du modèle mathématique 201
1.1. Les modèles synthétiques ..
1.1.1. Hypothèses propres aux modèles
1.1.2. Hypothèses concernant les données
1.2. Les modèles analytiques de rendement par recrue
1.3. Conclusions

2. Le modèle de Ricker 205

3. Principe du modèle de simulation 208
3.1. Croissance en poids
3.2. Mortalité naturelle
3.3. Coefficient de capturabilité par âge
3.4. Calcul de la biomasse développée pendant 1 mois
3.5. Calcul des captures mensuelles
3.6. Calcul de la valeur des captures
3.7. Calcul de la fécondité théorique

4. Analyse pondérale 210
4.1. Production équilibrée
4.1.1. Ajustement du modèle
4.1.2. Taux d'exploitation des juvéniles
4.1.3. Production équilibrée à recrutement constant
4.1.4. Simulation de l'évolution réelle de la pêcherie
4.1.5. Premières conclusions
4.1.6. Utilisation du modèle synthétique
4.1.7. Action de la pêche en lagune sur la prise totale

5. Analyse économique 221

6. Biomasse théorique 224

7. Fécondité théorique 225

IX. LA REPRODUCTION ET LES CONDITIONS DE MILIEU 229

1. Critique des données disponibles 231
1.1. Pourcentage de femelles mûres
1.2. Abondance des postlarves
1.3. Simulation des phénomènes de reproduction

2. Analyse bibliographique 233

3. Théorie de Cushing 235

4. La reproduction des penaeïdes côtiers 236

5. Conclusions 239

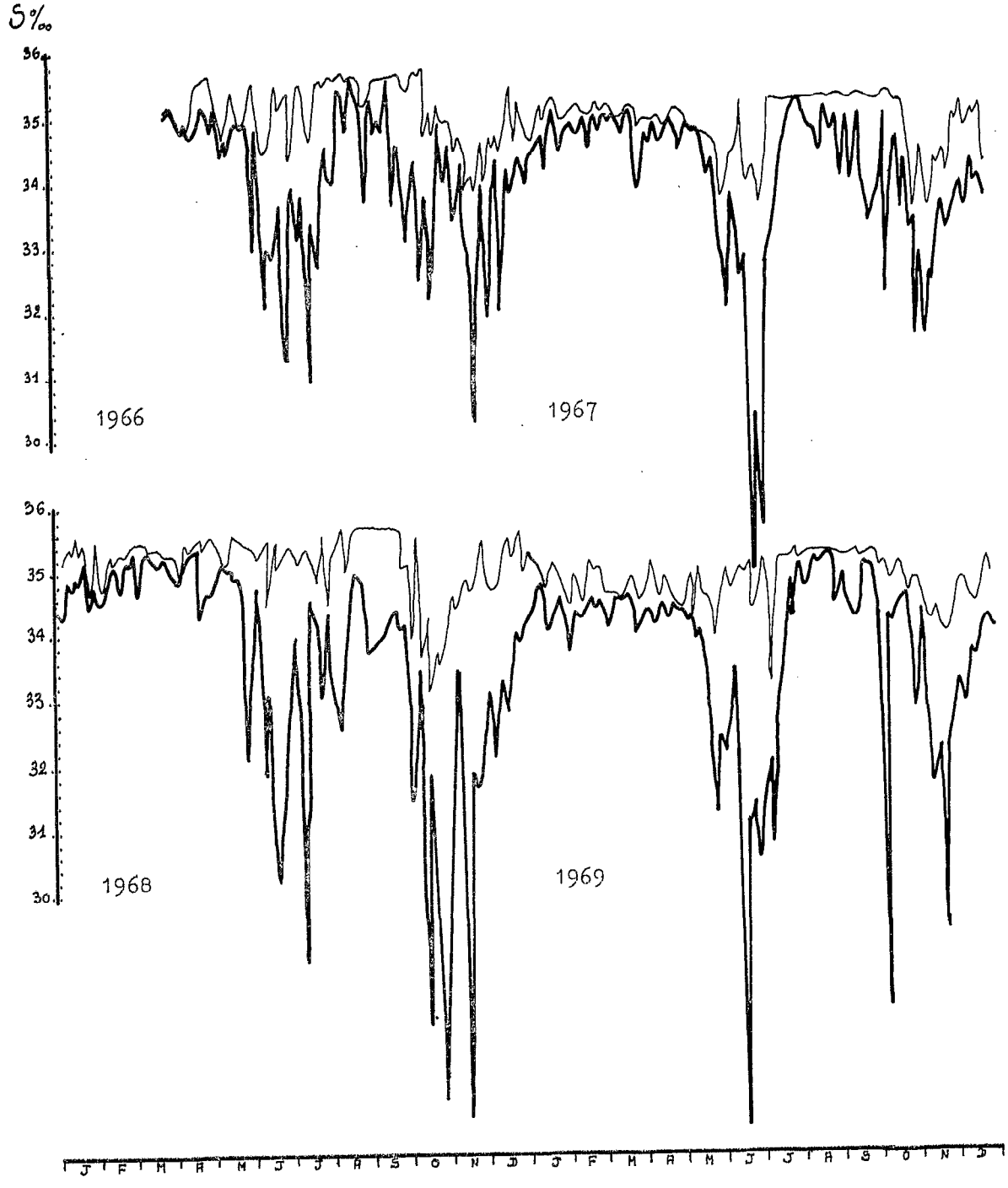
RESUME ET CONCLUSIONS GENERALES 241

BIBLIOGRAPHIE 251

TABLE DES MATIERES 267

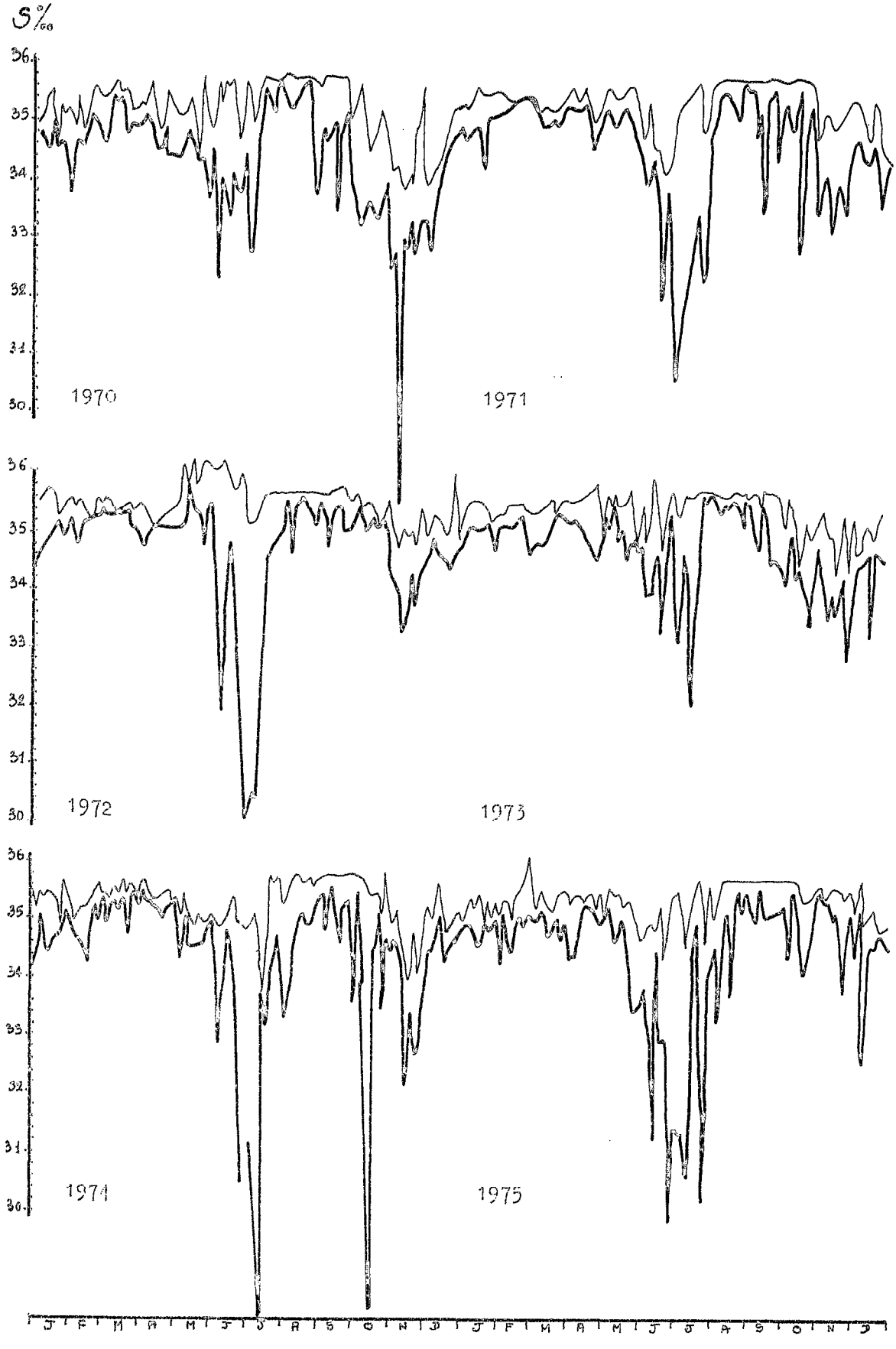
ANNEXES DE I A V

A N N E X E I

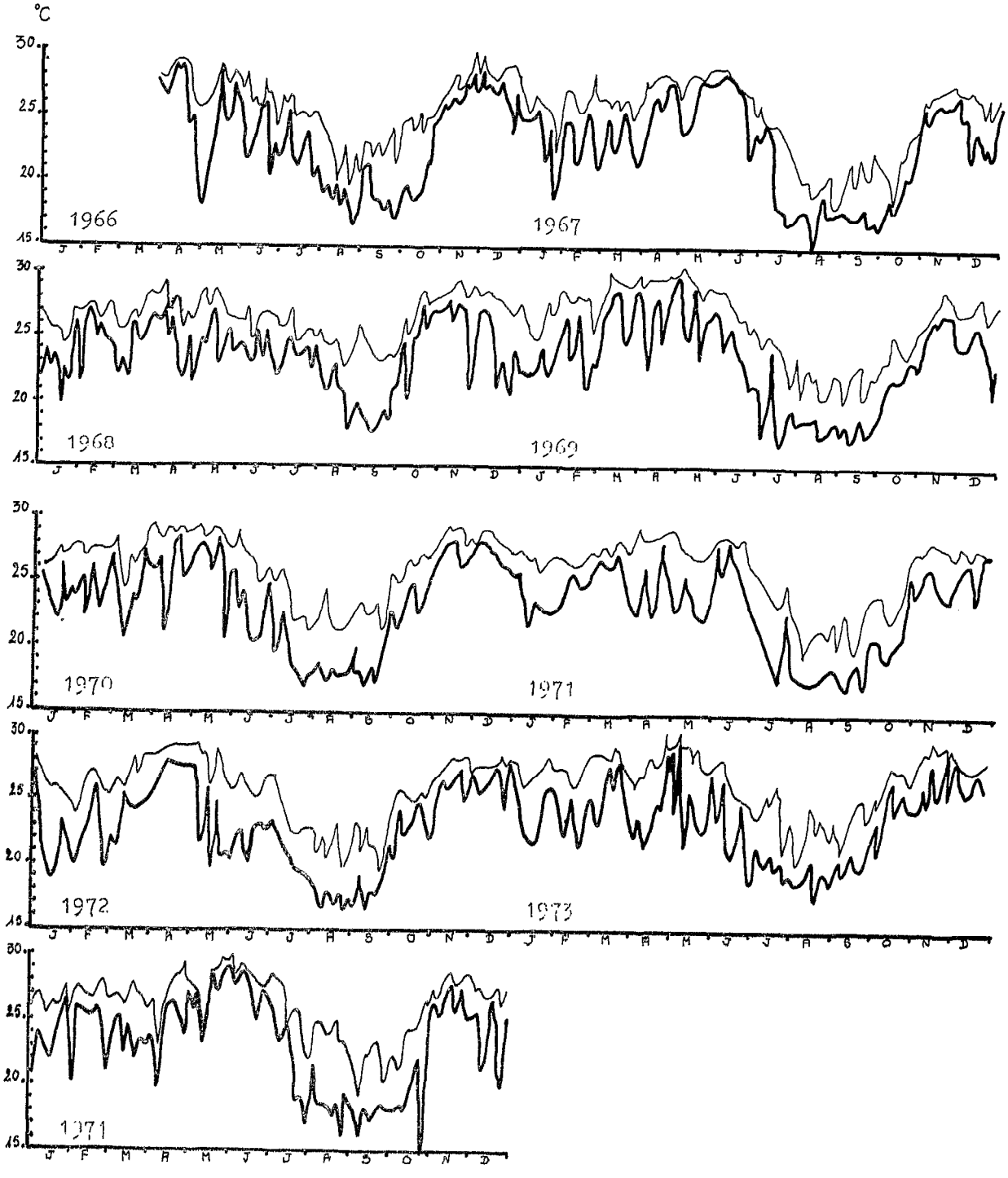


Evolution des salinités à la station côtière d'Abidjan. (En trait fin = salinités au fond, en trait épais = salinités en surface)

ANNEXE I (suite)



A N N E X E II



Evolution des températures à la station côtière d'Abidjan (trait fin = température de surface, trait épais = température à 20 m)

ANNEXE III

COURBE DE CROISSANCE DE VON BERTALANFFY

RADIALES BASSAM 1969-1970 - FEMELLES

ESTIMATION DES PARAMETRES ET ERREURS STANDARDS

	L_∞	K	t'o
PARAMETRES	51.56 mm	0.161823	-2.6787 mois
ERREUR STANDARD	1.70	0.017034	0.262755

Age	Longueur calculée (mm)	Longueur moyenne observée	Erreur standard	Effectif de l'échantillon
0.0	18.13	18.95	0.564	19
1.0	23.13	21.23	0.626	26
2.0	27.38	28.88	0.618	17
3.0	30.99	35.50	0.764	6
4.0	34.06	31.50	0.687	10
5.0	36.68	37.17	0.485	41
6.0	38.90	39.50	0.645	16
7.0	40.79	39.50	0.957	10
8.0	42.40	42.00	0.913	9
9.0	43.77	45.00	0.816	7
10.0	44.93	41.50	0.957	10
11.0	45.92	44.50	0.764	6
12.0	46.76	47.50	0.645	4
13.0	47.48	51.00	0.535	7

Echantillons au-delà de l'âge 13 non disponibles.

MATRICE DE VARIANCE-COVARIANCE

	L_∞	K	t'o
L_∞	0.28781300E 01	0.27548451E-01	-0.34376323E 00
K	-0.27548388E-01	0.29016961E-03	0.40638670E-02
t'o	-0.34376132E 00	0.40638596E-02	0.69040000E-01

Erreur Standard de l'Estimation 3.2017

ANNEXE IV

COURBE DE CROISSANCE DE VON BERTALANFFY
RADIALES BASSAM 1966-1967 - FEMELLES
ESTIMATION DES PARAMETRES ET ERREURS STANDARDS

	L_∞	K	t'o
PARAMETRES	217.45 cm	0.169639	-3.1124 mois
ERREUR STANDARD	5.53	0.016510	0.336477

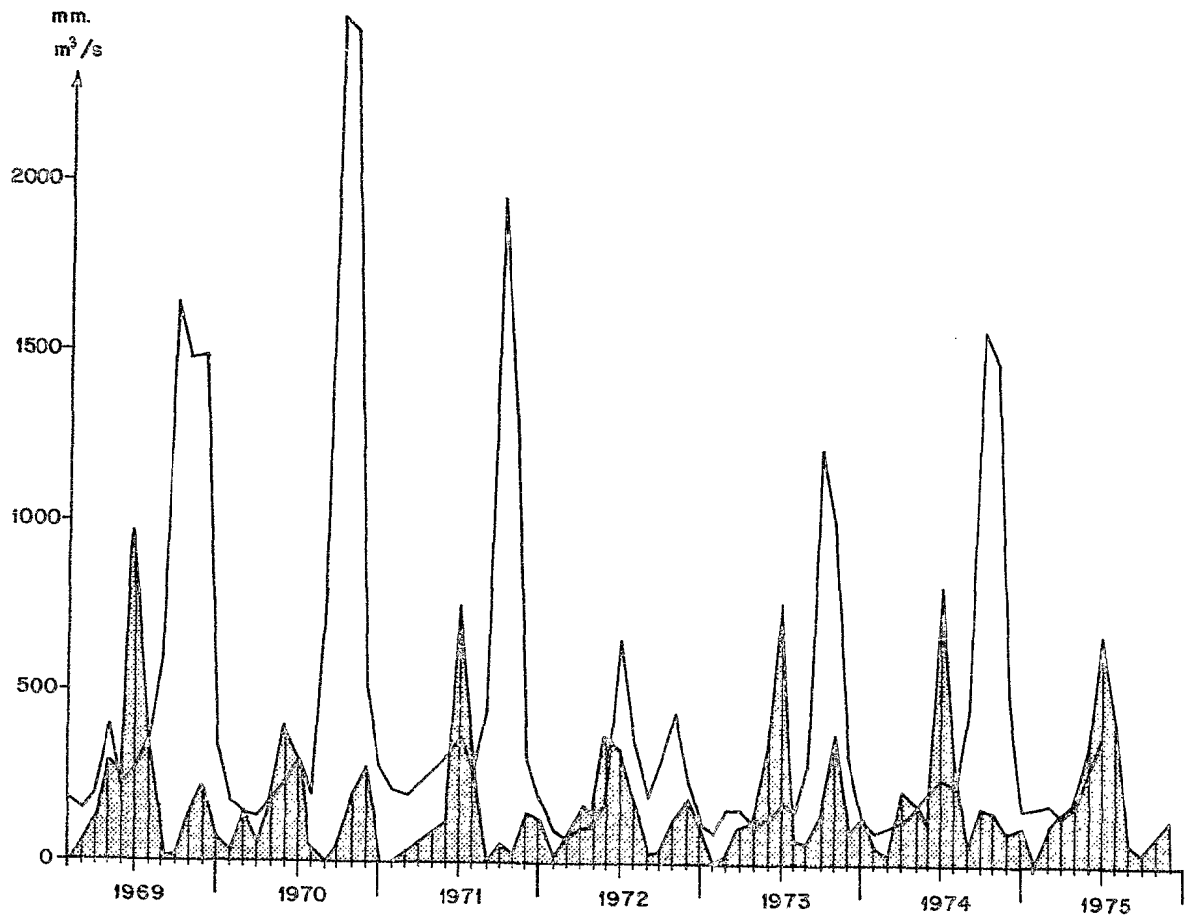
Age	Longueur calculée (cm)	Longueur moyenne observée	Erreur standard	Effectif de l'échantillon
0.0	89.20	Pas d'échantillon pour cet âge		
1.00	109.21	Pas d'échantillon pour cet âge		
1.50	118.01	120.00	1.450	58
2.25	129.89	127.50	1.130	86
3.00	140.35	145.00	4.564	9
3.75	149.56	150.00	1.336	58
4.50	157.67	155.00	2.887	10
5.25	164.82	165.00	0.738	192
6.75	176.64	175.00	2.100	35
7.50	181.52	185.00	2.236	50
9.00	189.59	185.00	5.774	15
9.75	192.92	190.00	4.082	7
10.50	195.85	187.50	5.590	14
11.25	198.43	197.50	4.787	10
12.00	200.70	207.50	3.467	14

Echantillons au-délà de l'âge 12 non disponibles.

MATRICE DE VARIANCE-COVARIANCE

	L_∞	K	t'o
L_∞	0.30570618E 02	-0.88062763E-01	-0.15798140E 01
K	-0.88062763E-01	0.27258648E_03	0.52951947E-02
t'o	-0.15798140E 01	0.52951984E-02	0.11321706E 00

Erreur Standard de l'Estimation 12.9317



Débits moyens cumulés des fleuves Bandama et Comoé (en blanc) et précipitations mensuelles à l'aéroport d'Abidjan (données ASECNA)

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 - orogenèse continentale - métallogenèse - 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 (85 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 (19 titres parus).

INITIATIONS/DOCUMENTATIONS TECHNIQUES : mises au point et synthèses au niveau, soit de l'enseignement supérieur, soit d'une vulgarisation scientifiquement sûre (33 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) (XXIVe 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. 1977
I.S.B.N. : 2-7099-0483-7