

Pluviométrie et captures des crevettes *Penaeus notialis* dans l'estuaire de la Casamance (Sénégal) entre 1962 et 1984

Louis Le Reste

ORSTOM, Centre de Recherches océanographiques de Dakar-Thiaroye,
B.P. 2241, Dakar, Sénégal.

Reçu le 25 novembre 1991; accepté le 31 juillet 1992.

Rainfall and catches of the shrimps *Penaeus notialis* in the Casamance estuary (Senegal) from 1962 to 1984.

Le Reste L. *Aquat. Living Resour.*, 1992, 5, 233-248.

Abstract

Seasonal fluctuations of shrimp landings, *Penaeus notialis* (Perez Farfante, 1967), are studied in the Casamance estuary from 1962 to 1984 and yearly landings from 1965 to 1984 when salinity varies considerably (0.8-69 ‰). Shrimps are fished with nets of 12-14 mm mesh fixed on both sides of anchored canoes, while they are moving back to the sea. As salinity data is scarce, a correlation between salinity and rainfall has been studied in order to use rainfall data available for every year. There are two peaks of catches during the year whose occurrence depends on rainfall. If it is high (1.25 to 1.5 m) both peaks occur in mid-year when salinity is highest. Conversely, if it is low (0.75 to 1 m) the peaks happen at about the beginning and the end of the year respectively, when salinity is lowest. If rainfall is medium (1 to 1.25 m) the peaks occur in May and September-October. There is a good negative relationship between landings of a year and the rainfall index which determines the first half-year salinity (mean rainfall of the two years before). However, in 1984, because of a low index value (0.795 m), catches collapsed. Thus, it is supposed there is a parabolic relationship between catches and rainfall. Landings are greater when the estuary is oversalted. Abundance and individual weight variations are almost similar to those for landings.

Keywords: *Penaeus notialis*, Senegal, estuarine fisheries, rainfall, salinity.

Résumé

Les variations mensuelles des captures de crevettes *Penaeus notialis* (Perez Farfante, 1967) entre 1962 et 1984 et les variations annuelles entre 1965 et 1984, dans l'estuaire de la Casamance, ont été étudiées. Les salinités extrêmes de 0,8 et 69 ‰ ont été enregistrées durant cette période. Les crevettes sont pêchées pendant leur migration de retour vers la mer, à l'aide de filets à maille de 12-14 mm de côté, fixés de part et d'autre de pirogues ancrées. Les données de salinité étant rares, une corrélation a été recherchée entre la salinité et la pluviométrie de manière à pouvoir utiliser les données de pluviométrie, disponibles pour chaque année. Il y a deux maxima de captures durant l'année. Lorsque la pluviométrie est importante (1,25-1,50 m) ils sont observés en milieu d'année, quand la salinité est la plus élevée. Au contraire, lorsqu'elle est faible (0,75 à 1 m) les maxima se situent plutôt vers le début et la fin de l'année. Quand la pluviométrie est moyenne (1 à 1,25 m) le premier maximum survient en mai et le second en septembre-octobre. Les captures annuelles sont bien corrélées, négativement, avec l'indice pluviométrique qui détermine la salinité au premier semestre (pluviométrie moyenne des deux années précédentes). Cependant, en 1984, alors que la valeur de l'indice était très faible (0,795 m), les captures se sont effondrées. Aussi est-il supposé qu'il existe une relation parabolique entre les captures et la pluviométrie. Les captures maximales sont obtenues alors que l'estuaire est sursalé toute l'année par rapport à la mer. Les variations des captures pondérales traduisent celles des captures numériques et, dans une large mesure, celles du poids individuel des crevettes pêchées.

Mots-clés : *Penaeus notialis*, Sénégal, pêche estuarienne, pluviométrie, salinité.

O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire

N° : 37904, ex 1

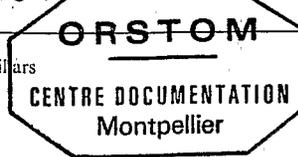
Cpte 7 B

30 JUIN 1992

M

P5

30 AOÛT 1992



PM 186

INTRODUCTION

Penaeus notialis (Perez Farfante, 1967) est la principale espèce pénéide exploitée le long des côtes ouest-africaines où elle est trouvée depuis le Cap Blanc (Mauritanie) au Nord jusqu'au Cap Frio (Angola) au Sud. Elle est également répandue en mer des Caraïbes, de l'autre côté de l'Atlantique.

Comme chez la plupart des pénéides côtiers la reproduction a lieu en mer. Au terme d'une phase de vie planctonique, les postlarves pénètrent dans les estuaires. Les crevettes retournent en mer à une taille variable qui dépend des conditions environnementales dans l'estuaire. Au Sud du Sénégal, la reproduction est continue toute l'année mais relativement plus importante entre juillet et janvier (Lhomme, 1981). Dans l'estuaire de la Casamance, en 1978, des recrutements de postlarves ont été observés toute l'année mais deux maxima ont été notés de janvier à avril et en septembre-octobre (Le Reste, 1982).

La pêche des crevettes a débuté en 1960 dans l'estuaire de la Casamance. Elle n'est autorisée qu'entre Ziguinchor et Goudomp (fig. 1), les crevettes étant généralement petites au-delà de ces limites. Jusqu'en 1984, les pêcheurs capturaient uniquement les crevettes en migration vers la mer à l'aide de filets en forme de poche fixés de part et d'autre de pirogues ancrées dans le chenal. Depuis 1985, ils utilisent également des filets maillants qui leur permettent de capturer, dans les zones peu profondes, des crevettes plus petites que celles pêchées dans le chenal. Ils pêchent aussi massivement en aval de Ziguinchor.

Les variations saisonnières et annuelles de la salinité sont considérables dans la zone de pêche. À Goudomp, où elles sont les plus importantes, la salinité a fluctué, durant la période 1968-1984, entre 0,8 et 52 ‰ en saison humide et entre 17 et 69 ‰ en saison sèche. Cela a eu des conséquences sur les résultats de la pêche, qui ont déjà été étudiés pour la période 1960-1978 (Le Reste, 1980, 1984); à partir d'un effort de pêche correspondant à environ quatre cents pirogues, les captures ont évolué en dents de scie alors que l'effort a continué à croître. Une relation linéaire négative avait été trouvée entre les captures et la pluviométrie dont dépend la salinité dans l'estuaire. Cependant, en 1984, pour une salinité très élevée, les captures se sont effondrées.

La nouvelle organisation de la pêche mise en place après la chute des captures en 1984 est aujourd'hui remise en cause. Les captures égalent les meilleurs résultats de la période précédente — environ 1 600 t — mais la taille des crevettes et donc leur valeur marchande serait faible. Il est intéressant d'estimer quels sont les résultats des seuls filets fixes dans les conditions de salinité actuelle. La relation précédemment établie entre captures et pluviométrie ne peut cependant pas être utilisée car les salinités observées après 1978 sont supérieures à celles qui étaient notées auparavant. D'autre part, les variations du poids individuel n'ont pas été étudiées. Nous nous proposons donc ici de reconsidérer la relation entre les captures annuelles des filets fixes et la pluviométrie en tenant compte des années 1979 à 1984 où la salinité a été très élevée. La relation entre poids individuel et pluviométrie sera également étudiée.

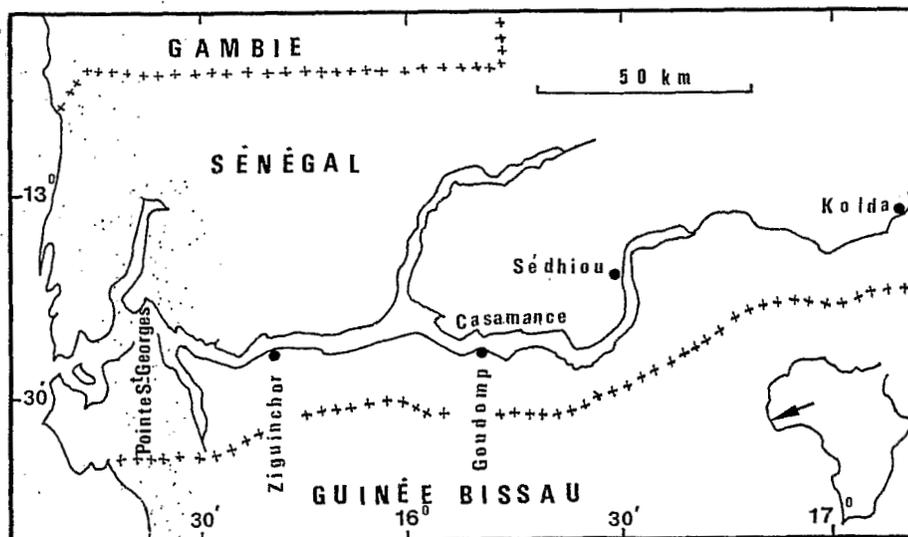


Figure 1. — L'estuaire de la Casamance.

The Casamance estuary.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Environnement

La Casamance est un petit fleuve dont la partie estuarienne, qui s'étend sur 220 km, correspond à une ria ennoyée par la transgression flandrienne.

Climat. — Le climat est essentiellement caractérisé par l'alternance d'une saison humide, de juillet à octobre, et d'une saison sèche. On constate, depuis 1968, un déficit persistant de la pluviométrie, la moyenne pour les trois stations de Ziguinchor, Sédhiou et Kolda passant de 1380 mm pour la période 1920-1967 à 1055 mm pour la période 1968-1985 (Debenay *et al.*, 1989).

Courants. — Le débit du fleuve est négligeable (Brunet-Moret, 1970) et les courants de marée sont prépondérants en toute saison. Les vitesses maximales s'observent au jusant, dans le chenal et en surface. Elles diminuent exponentiellement vers l'amont (Pagès *et al.*, 1987) passant d'environ $0,85 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ à Ziguinchor à $0,35 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ à Goudomp (Le Reste, 1987).

Salinité. — La salinité est maximale entre mai et juillet, minimale entre septembre et octobre (Brunet-Moret, *op. cit.*; Le Reste, 1982). Les salinités observées par différents auteurs (de Bondy, 1968; Brunet-Moret, *op. cit.*; Marius, 1976; ORSTOM, 1977) et lors de cette étude en fin de saison sèche et fin de saison humide à Ziguinchor et Goudomp ont été rassemblées (tabl. 1). Bien qu'il y ait des lacunes, il est à peu près sûr que les valeurs extrêmes ont été enregistrées. La salinité a varié entre 3,4 et $52,6 \text{ ‰}$ à la limite aval et entre 0,8 et 69 ‰ à la limite amont de la pêcherie. Toutes ces valeurs ont été mesurées en surface car il n'y a pas de gradient vertical (Brunet-Moret, *op. cit.*). Des mesures mensuelles réalisées le long de l'estuaire sont disponibles pour 1968 et 1969 (Brunet-Moret, *op. cit.*), 1978 (Le Reste, 1982), 1984 et 1985 (Pagès et Debenay, 1987). Alors qu'en 1968 et vraisemblablement les années précédentes, le gradient de salinité était négatif vers l'amont toute l'année, il est devenu positif vers l'amont en permanence à partir de 1983.

Température de l'eau. — Elle est toujours relativement élevée, variant entre environ 23°C en janvier-février et 31°C d'août à novembre. Les variations annuelles sont très faibles (de Bondy, *op. cit.*; Le Reste, 1982; Pagès *et al.*, 1987).

Statistiques de pêche

Depuis le début de la pêche, en 1960, la totalité des crevettes sont traitées en usine avant d'être exportées et, de ce fait, les captures pondérales sont bien connues. La répartition des prises par calibres est également connue pour 1963 et 1964, 1967 (d'après

Tableau 1. — Salinité ($\text{S} \text{ ‰}$) en fin de saison sèche (S.S.) et en fin de saison humide (S.H.) à Ziguinchor et Goudomp.

Salinity at the end of dry (S.S.) and wet season (S.H.) in Ziguinchor and Goudomp.

	Ziguinchor		Goudomp	
	S.S.	S.H.	S.S.	S.H.
1966	38,3(1)	9,4(1)	—	—
1967	38,9(1)	3,4(1)	—	—
1968	31,8(2)	23,1(2)	17,3(2)	6,8(2)
1969	37 (2)	8,2(2)	38,7(2)	0,8
1970	38,7(2)	—	—	—
1975	43,6(3)	11,7(3)	—	—
1976	40,4(4)	29,6(4)	—	—
1977	—	31,4	—	—
1978	52,6	25,5	61,0	25,0
1981	—	33,0	—	33,0
1982	50,0	33,0	50,0	33,0
1983	48,0	44,0	59,0	52,0
1984	52,0	38,0	69,0	47,0(5)

(1) d'après de Bondy (1968); (2) d'après Brunet-Moret (1970); (3) d'après Marius (1976); (4) d'après ORSTOM (1977); (5) d'après Pagès (comm. pers).

de Bondy, *op. cit.*), 1970 à 1984 (sauf 1977). Le poids individuel des crevettes pêchées et les captures numériques, par mois et par année, ont été calculés en supposant que toutes les crevettes d'un calibre donné avaient un poids égal à la moyenne des poids aux bornes du calibre. Les captures pondérales sont exprimées en tonnes, les captures numériques en millions d'individus et le poids individuel des crevettes en grammes.

Méthode d'analyse

L'étude se déroulera en trois phases :

- détermination d'un indice pluviométrique rendant compte de la salinité dans la zone de pêche,
- étude des variations mensuelles des captures,
- étude des variations annuelles des captures.

Indice pluviométrique

Les lacunes concernant la salinité étant nombreuses, un palliatif consiste à se référer à la pluviométrie qui, elle, est bien connue. Dans une précédente étude (Le Reste, 1984), nous avons considéré la pluviométrie sur l'ensemble du bassin versant. En fait, l'apport d'eau douce se fait essentiellement par l'amont et par les pluies directes (Pagès et Debenay, 1987). Nous nous référerons donc à la pluviométrie à Ziguinchor, Sédhiou et Kolda.

La salinité de la Casamance, zone très confinée quoique largement ouverte sur la mer (Pagès et Debenay, *op. cit.*) dépend en partie de la pluviométrie des années précédentes (Brunet-Moret, *op. cit.*; Le Reste, 1984). Celle du premier semestre dépend exclusivement de la pluviométrie des années antérieures alors

Tableau 2. - Régression linéaire entre la salinité ($S^0/_{00}$) à Ziguinchor et la pluviométrie moyenne (p en m) à Ziguinchor, Sédhiou et Kolda durant les années n (année en cours), $(n-1)$ et $(n-2)$. Le niveau de signification est indiqué par ** quand $p < 0.01$; r = coefficient de corrélation; r^2 = coefficient d'estimation.

Linear regression between salinity ($S^0/_{00}$) in Ziguinchor and mean rainfall (p in m) in Ziguinchor, Sedhiou and Kolda during the years n (current year), $(n-1)$ and $(n-2)$. ** Significant difference for $p < 0.01$; r = correlation coefficient; r^2 = estimation coefficient.

Salinité	Nombre d'observations	Écart-type de l'estimation	r	r^2
Fin de saison sèche $S = ap_{(n-1)} + bp_{(n-2)} + c$ $a = -14,12^{**}$ (écart-type 2,7) $b = -13,24^{**}$ (3,0) $c = 74,2^{**}$ (4,4)	11	2,8	0,91**	0,82
Fin de saison humide $S = dp_n + ep_{(n-1)} + fp_{(n-2)} + g$ $d = -31,54^{**}$ (4,83) $e = -14,93^{**}$ (4,36) $f = -13,34^{**}$ (5,24) $g = 92,1^{**}$ (7,1)	12	4,3	0,94**	0,89

que celle du deuxième semestre dépend également de la pluviométrie de l'année.

La meilleure corrélation entre la salinité (S) à Ziguinchor respectivement en fin de saison sèche et en fin de saison humide avec la pluviométrie des années successives a été recherchée.

Soit

$$S = ap_n + bp_{(n-1)} + c \quad (1)$$

p_n étant la pluviométrie de la saison humide la plus récente. L'indice pluviométrique est alors :

$$R = ap_n + bp_{(n-1)} \dots \quad (2)$$

Pour obtenir une valeur réaliste de l'indice, les coefficients a , b ... sont pondérés de manière que leur somme soit égale à l'unité.

La salinité est exprimée en grammes par kilogramme, la pluviométrie et la valeur de l'indice en mètre.

Variations temporelles des captures

Les variations saisonnières des captures pondérales ont été étudiées pour toutes les années où les données sont disponibles, entre 1962 et 1984. La pêche crevette étant importante en valeur, on peut considérer que les captures constituent un bon indice de la biomasse commercialisable disponible. Nous avons recherché si la chronologie des maxima dépend de la pluviométrie. Le déterminisme de ces maxima a ensuite été étudié pour tenter de comprendre la signification bio-écologique des relations entre captures annuelles et pluviométrie.

Les captures annuelles, pondérales et numériques, ont été étudiées entre 1965 et 1984. Durant cette époque, l'effort de pêche a porté uniquement sur les crevettes en migration. Les variations annuelles des captures sont supposées indépendantes de celles de l'effort de pêche et résulter des variations de la biomasse. Cette hypothèse sera discutée ultérieurement.

La maille de 12 mm de côté qui était utilisée au début (Monod, 1966), était toujours la plus répandue en 1984 bien que quelques pêcheurs utilisent, depuis 1981, la maille de 14 mm. Les variations de la taille des crevettes pêchées ne résultent donc pas de différences dans la sélectivité des filets. Nous supposons également qu'elles ne dépendent pas de celles de l'effort de pêche depuis 1960 et toutes les données disponibles seront utilisées. Cette hypothèse sera discutée ultérieurement.

Les relations entre les résultats annuels (captures pondérales et numériques, poids individuel des crevettes) et les indices pluviométriques (tabl. 2) ont été recherchées empiriquement et représentées par des régressions linéaires.

RÉSULTATS

Indice pluviométrique

En fin de saison sèche, la meilleure relation entre pluviométrie et salinité à Ziguinchor est obtenue en tenant compte de la pluviométrie des deux années précédentes (tabl. 2). La régression explique 82 % de la variance et est significative au seuil de 1 %. Après que les deux coefficients a et b aient été pondérés de manière à ce que leur somme soit égale à l'unité, l'indice pluviométrique, exprimé positivement, s'écrit :

$$R_1 = 0,52 p_{(n-1)} + 0,48 p_{(n-2)}$$

L'influence des deux années précédentes dans la détermination de la salinité de fin de saison sèche est donc à peu près égale.

En fin de saison humide, la meilleure relation entre pluviométrie et salinité à Ziguinchor est obtenue en tenant compte de la pluviométrie de l'année et de celle des deux années précédentes (tabl. 2). La régression explique 89 % de la variance et est significative au

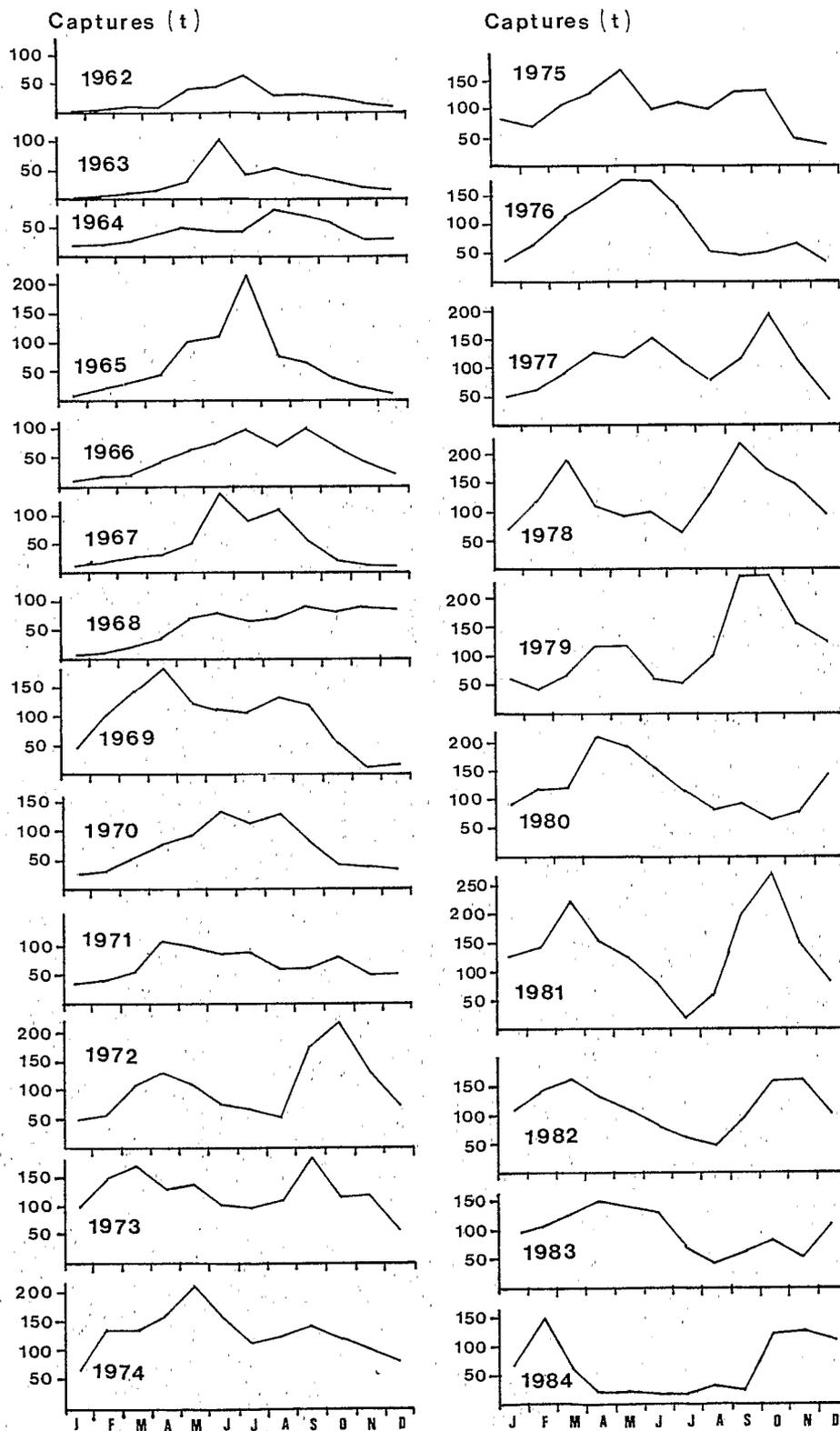


Figure 2. — Variations saisonnières des captures de *Penaeus notialis* de 1962 à 1984.
 Monthly variations of *Penaeus notialis* catches in the Casamance estuary from 1962 to 1984.

seuil de 1 ‰. Après pondération des coefficients, l'indice, exprimé positivement, s'écrit :

$$R_2 = 0,53 p_n + 0,25 p_{(n-1)} + 0,22 p_{(n-2)}$$

La salinité, en fin de saison des pluies, dépend donc environ pour moitié de la pluviométrie de l'année tandis que l'influence des deux années précédentes est sensiblement égale.

Les résultats obtenus pour les deux saisons apparaissent tout à fait cohérents. Nous supposons que tout au long d'un semestre et dans toute la zone de pêche, la salinité est proportionnelle à la valeur de l'indice pluviométrique calculée pour Ziguinchor le même semestre.

Captures mensuelles

Captures pondérales (fig. 2)

Des crevettes sont capturées toute l'année mais il y a en général un ou deux maxima. Lorsqu'il y en a un, il se situe en milieu d'année; lorsqu'il y en a deux, l'un a lieu au premier semestre, l'autre au second. Nous avons recherché si la chronologie des maxima de capture dépendait de la pluviométrie. En premier lieu nous avons distingué, arbitrairement, trois classes de pluviométrie : faible (0,75 à 1,00 m), moyenne (1,00 à 1,25 m), forte (1,25 à 1,50 m). Ces classes correspondent à des classes de salinité qui peuvent être caractérisées, en utilisant la relation salinité-pluviométrie, par les valeurs atteintes à Ziguinchor en fin de saison sèche et en fin de saison humide.

— Pluviométrie faible : 47 à 54 ‰ en fin de saison sèche; 32 à 47 ‰ en fin de saison humide.

— Pluviométrie moyenne : 40 à 47 ‰ en fin de saison sèche; 17 à 32 ‰ en fin de saison humide.

— Pluviométrie forte : 33 à 40 ‰ en fin de saison sèche; 2 à 17 ‰ en fin de saison humide.

Ces valeurs sont données à titre indicatif puisqu'elles ne concernent que la limite aval de la zone de pêche.

A chacun des trois scénarios de saison sèche peut théoriquement succéder un des trois scénarios de saison humide. Par exemple, à une saison sèche dont la salinité est déterminée par une valeur moyenne de l'indice pluviométrique peut succéder une saison humide dont la salinité est déterminée par une valeur faible de l'indice. Neuf scénarios annuels sont donc

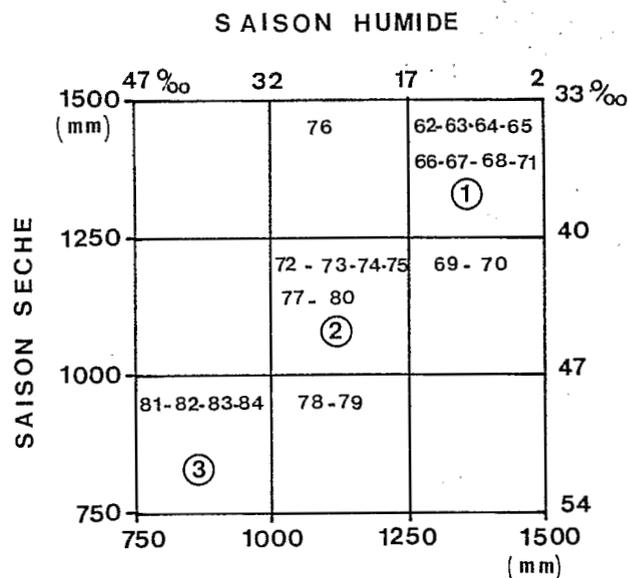


Figure 3. — Ventilation des années en fonction de la salinité, de fin de saison sèche et de fin de saison humide à Ziguinchor, et des valeurs de l'indice pluviométrique qui les ont déterminées. Les trois scénarios numérotés ont été retenus pour une étude approfondie.

Yearly distribution in relation to salinity at the end of the dry and wet seasons at Ziguinchor and rainfall index values used. Three scenarios (numbered 1 to 3) have been chosen for an elaborate study.

imaginables (fig. 3) et les vingt trois années étudiées ont été ventilées entre eux. En fait six scénarios se sont produits.

Nous retiendrons les trois scénarios les plus caractéristiques et les plus fréquents. Ces scénarios se sont succédés dans le temps.

— Scénario 1 : les indices pluviométriques induisant la salinité aux deux saisons ont tous deux une valeur supérieure à 1,25 m : années 1962 à 1968 et 1971.

— Scénario 2 : les deux indices ont une valeur moyenne : années 1972 à 1980 sauf 1976.

— Scénario 3 : les deux indices ont une valeur inférieure à 1 m : années 1981 à 1984.

Pour chacun des scénarios, les variations saisonnières moyennes des captures pondérales et numériques ont été calculées en faisant la moyenne des résultats mensuels exprimés en pourcentages par rapport aux résultats annuels (fig. 4). Il y a un maximum en milieu d'année dans le scénario 1 et deux maxima, un à chaque semestre, dans les scénarios 2 et 3; leur importance relative reste à peu près la même en fonction de la pluviométrie mais le premier apparaît plus précocement et le second plus tardivement quand la pluviométrie diminue.

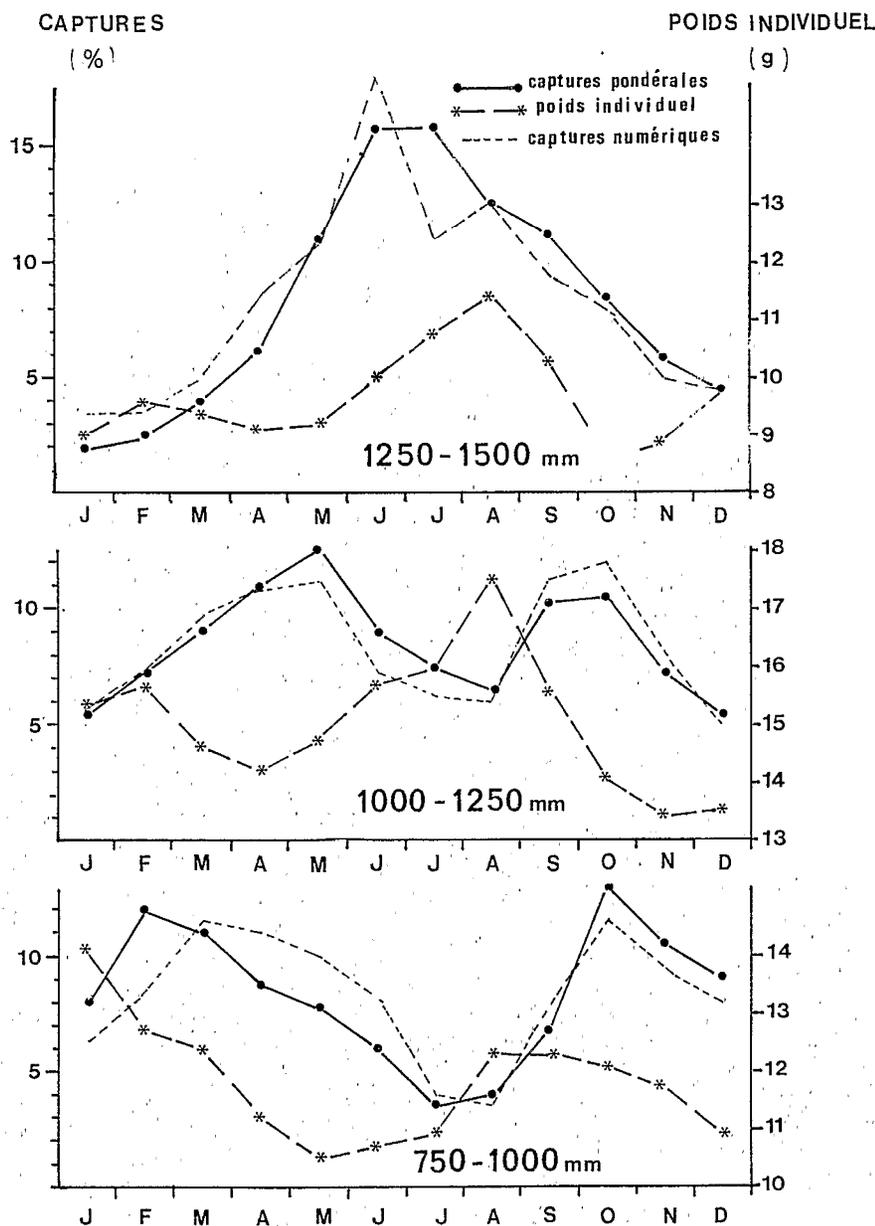


Figure 4. — Variations mensuelles des captures pondérales et numériques et du poids individuel des crevettes pour les trois scénarios de pluviométrie.

Monthly variations of weight and numerical catches and individual weight of shrimps for three patterns of rainfall.

Poids individuel des crevettes (fig. 4)

Les variations saisonnières moyennes ont été calculées pour les trois scénarios: Quand la pluviométrie est importante, l'augmentation des captures s'accompagne d'une augmentation du poids individuel. Quand elle est moyenne ou faible, le poids individuel tend à diminuer quand les captures augmentent.

Le poids moyen des crevettes pour les deux maxima diffère peu pour un scénario donné: 10 g ($\sigma=3,2$) et

11,4 g (4), 14,7 g (1,9) et 14 g (1,8), 12,4 g (1,6) et 12,1 g (0,5) respectivement pour les trois scénarios. Les valeurs élevées de l'écart-type dans le premier scénario sont dues au poids important des crevettes en 1971, année qui, par sa pluviométrie, se rapproche de celles du scénario 2. Sans les données de 1971, les valeurs sont 8,6 g (0,8) et 10,0 g (2,6).

Le poids des crevettes est plus élevé dans le scénario 2 que dans les scénarios 1 et 3.

Captures numériques (fig. 4).

Dans tous les cas, captures pondérales et numériques sont bien corrélées.

Scénario 1: $r=0,92^{**}$ (significatif au seuil de 1 %)

Scénario 2: $r=0,94^{**}$

Scénario 3: $r=0,78^{**}$

Postlarves et juvéniles

Des concentrations importantes de postlarves et juvéniles de *P. notialis* peuvent être observées entre 5 ‰ (Hoestlandt, 1968; Galois 1975) et, d'après les résultats présentés par Lhomme (1981) et Le Reste (1982), 45-50 ‰.

Les surfaces pour lesquelles, dans la zone de pêche, la salinité est comprise entre 5 et 50 ‰ ont été délimitées pour les années 1968 (Brunet-Moret, *op. cit.*), 1978 (Le Reste, 1982) et 1985 (Pagès et Debenay, 1987) qui peuvent être considérées comme représentatives des scénarios 1, 2 et 3 respectivement (fig. 5). La salinité de 1985 ($R_1=0,907$ m et $R_2=0,990$ m) a été prise comme référence et non celle de 1984 pour caractériser le scénario 3 car la sursalure a été telle cette dernière année qu'elle a eu des conséquences particulières sur la pêcherie, comme il sera vu plus loin.

Dans le scénario 1 où seules les faibles salinités pourraient avoir un effet négatif, la salinité est partout et toujours favorable à l'installation des postlarves et à la croissance des juvéniles. Dans les deux autres scénarios, en revanche, les salinités élevées doivent avoir un effet négatif: en juin-juillet dans la majeure partie de la zone de pêche dans le scénario 2; de mai à juillet dans la majeure partie et presque toute l'année dans la partie amont de la zone, dans le scénario 3.

Nous avons cherché à repérer les périodes où se situent effectivement les recrutements de postlarves à l'origine des maxima numériques en tenant compte du poids individuel des crevettes pêchées et en nous référant à la croissance de *P. notialis*, étudiée en lagune Ebrié, Côte d'Ivoire (Galois, *op. cit.*) où la salinité varie à peu près dans les mêmes limites que dans le scénario 1; les crevettes passent de 0,3 g à 11,7 g en deux mois et sont alors âgées de trois mois. Dans les scénarios 2 et 3, la salinité est nettement plus élevée qu'en lagune Ebrié mais il ne semble pas que la croissance en soit affectée puisque les crevettes pêchées sont plus grosses en Casamance; nous supposons donc que la croissance est identique.

Dans le premier scénario, les crevettes pêchées en juin et août auraient été recrutées en avril et juin. Dans le scénario 2, les crevettes pêchées en mai et octobre auraient été recrutées fin février et début août. Enfin, dans le scénario 3, les crevettes pêchées en mars et octobre auraient été recrutées début janvier et début août.

Les périodes de recrutement ont été situées par rapport au cycle de reproduction (Lhomme, *op. cit.*)

et aux périodes halines favorables (fig. 6). Deux remarques peuvent être formulées.

— Les maxima numériques correspondent à des pontes relativement importantes dans les scénarios 2 et 3 et plus modestes dans le scénario 1.

— Les maxima sont issus de recrutements qui se situent tous entre janvier et août bien que, en fin d'année, les pontes soient importantes et que la salinité soit favorable dans les scénarios 2 et 3.

Subadultes

Nous considérons comme subadultes, pour simplifier, toutes les crevettes qui sont commercialisées. Les maxima numériques se situent à des périodes où la salinité est, relativement à celle de l'année, de moins en moins élevée quand la pluviométrie diminue (fig. 7). Ils pourraient correspondre à deux types de situation haline: (1) lorsqu'une valeur seuil, faible (deuxième maximum dans le scénario 1) ou forte (premier maximum dans le scénario 3) est atteinte; (2) lorsque, cette valeur seuil n'étant pas atteinte, la salinité se stabilise à une valeur minimale ou maximale.

Une estimation grossière des valeurs-seuils par interpolation entre les valeurs extrêmes atteintes à Ziguinchor dans les scénarios 1 et 3 donne 22 et 46 ‰. Le gradient de salinité vers l'amont étant négatif dans le premier cas et positif dans le second, les salinités tolérées par les subadultes pourraient se situer entre environ 20 et 50 ‰.

Les surfaces spatio-temporelles où la salinité, dans la zone de pêche, permet la croissance des subadultes ont été délimitées pour les années 1968, 1978 et 1985 (fig. 5). L'aire potentielle de répartition des subadultes est limitée vers l'amont par les faibles salinités dans le scénario 1, par les fortes salinités dans les deux autres. Elle est très réduite dans le scénario 1 où les subadultes ne peuvent être trouvés vers le milieu de la zone de pêche que pendant quatre mois, en milieu d'année. Elle est vaste au contraire dans le scénario 2 où les subadultes peuvent trouver des conditions favorables dans toute la zone de pêche toute l'année sauf, comme pour les postlarves et juvéniles, en juin-juillet. Elle est moyennement étendue dans le scénario 3 où les crevettes ne peuvent pratiquement jamais vivre en amont mais peuvent se développer jusque vers le milieu de la zone de pêche toute l'année sauf de mai à juillet.

La diminution des captures entre novembre et janvier, qui ne pouvait s'expliquer par des conditions de salinité difficilement supportables par les postlarves et les juvéniles ne peut s'expliquer non plus, dans les scénarios 2 et 3, par une gêne pour les subadultes.

*Captures annuelles**Captures pondérales*

Les captures de chaque semestre ont été corrélées avec l'indice pluviométrique qui détermine la salinité

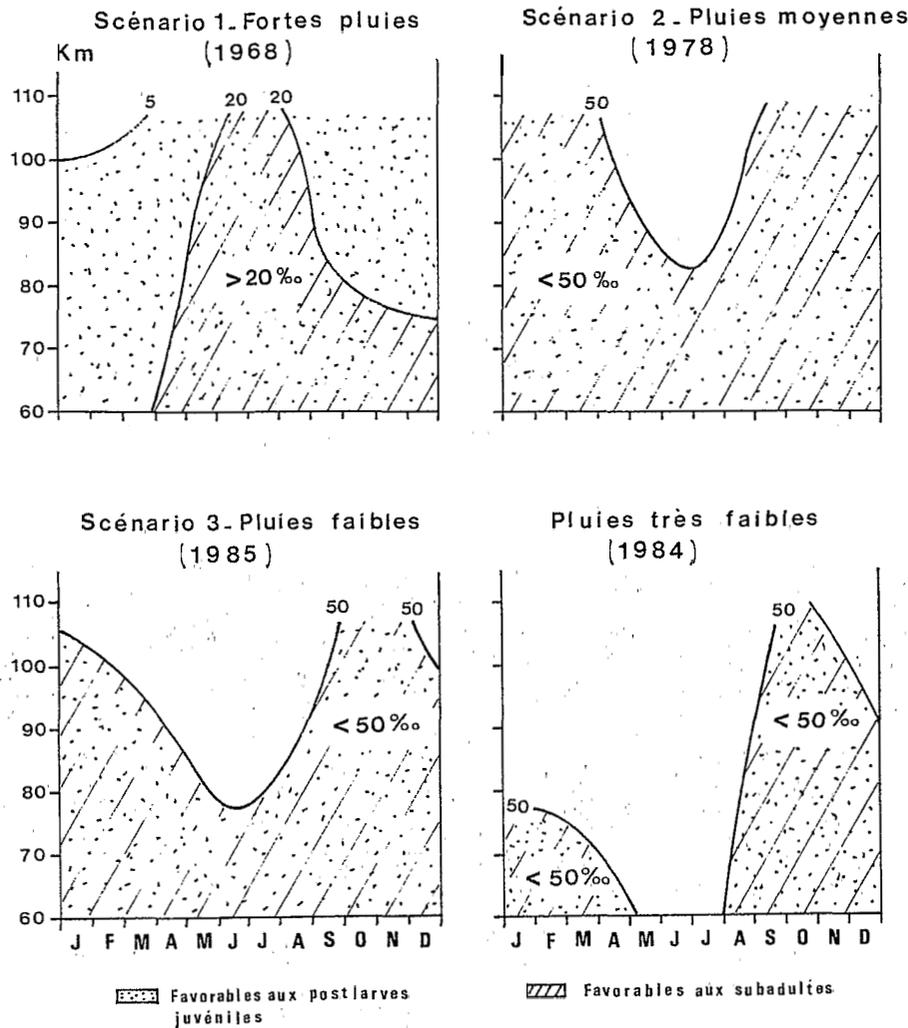


Figure 5. — Extension des zones (distances à l'embouchure en km) favorables à la croissance des postlarves et juvéniles (5 à 50 ‰) et à celle des subadultes (20 à 50 ‰). L'année où la salinité a été étudiée est indiquée entre parenthèses.

Extent of the areas (measured from the river mouth) suitable for postlarvae and juveniles (5 to 50 ‰) and for subadults (20 to 50 ‰). The year when salinity was studied is between brackets.

du semestre. Au premier semestre, la corrélation est significative au seuil de 1 % mais n'explique que 35 % de la variance. Au second semestre, la corrélation n'est pas significative au seuil de 5 %. Curieusement, en revanche, les captures du second semestre sont corrélées avec l'indice qui détermine la salinité du premier semestre; la corrélation est significative au seuil de 1 % et explique 32 % de la variance.

Une meilleure corrélation est obtenue entre les captures de l'année et l'indice pluviométrique du premier semestre. Elle est significative au seuil de 1 % et permet d'expliquer 48 % de la variance. Dans la suite du travail, nous nous référons donc uniquement à l'indice pluviométrique déterminant la salinité au premier semestre. Les captures augmentent de façon régulière lorsque la pluviométrie diminue (fig. 8). Seules les captures enregistrées en 1984 sont anormalement faibles. Un examen des résidus réduits montre

que celui correspondant à la donnée de 1984 est égal à 3,1 et conduit donc à suspecter cette dernière. L'exactitude de la donnée ne peut être mise en question mais il faut noter qu'elle a été observée pour une valeur extrêmement faible de l'indice pluviométrique, la plus faible jamais observée. L'aire où les subadultes peuvent se développer est plus réduite que dans le scénario 3 et du même ordre que dans le scénario 1 (fig. 5). Il est raisonnable de penser que la corrélation négative n'est plus vérifiée.

Une nouvelle régression, calculée sans la valeur de 1984, permet d'expliquer 81 % de la variance (tabl. 3; fig. 8).

Poids individuel (fig. 8)

Une régression linéaire quadratique permet de rendre compte de la relation entre le poids moyen individuel des crevettes une année et l'indice pluviométrique

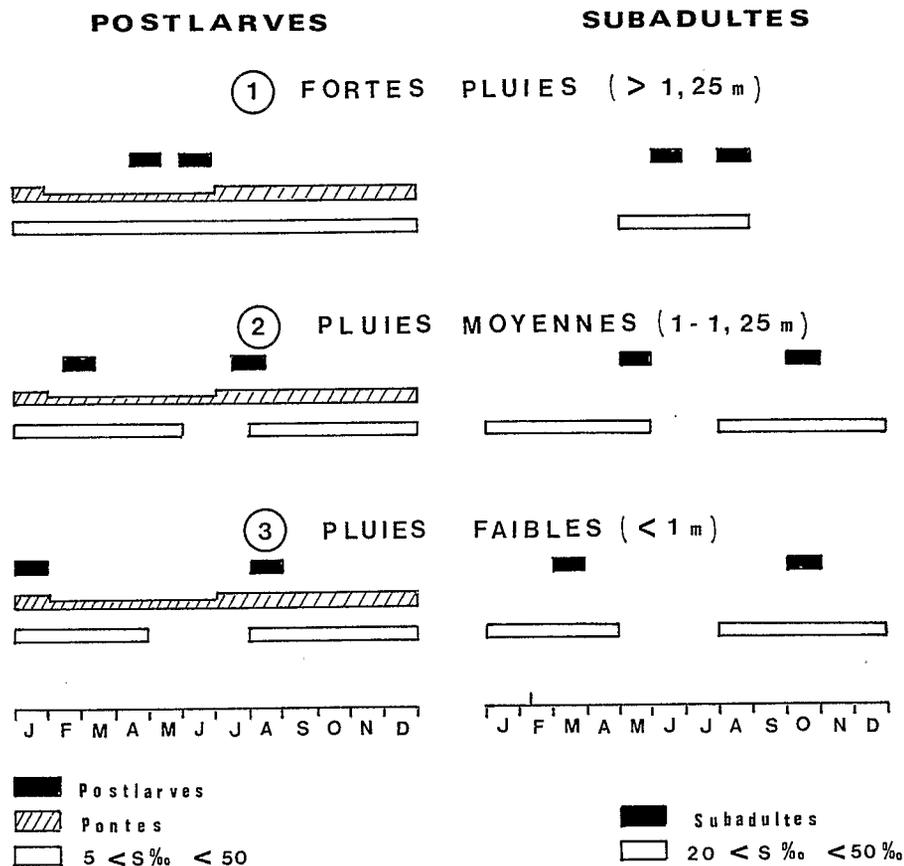


Figure 6. — A droite: pics de captures numériques des subadultes et salinité convenable à leur croissance pour différents scénarios de pluviométrie. A gauche: recrutements postlarvaires (datation estimée) à l'origine des pics de subadultes, variations saisonnières de la reproduction (d'après Lhomme, 1981) et salinité convenable à la croissance des subadultes, pour trois scénarios de pluviométrie.

On the right: peaks of numerical catches of subadults and suitable salinity for subadult growth when rainfall varies. On the left: postlarva recruitments (estimated dating) originating the subadult peaks, seasonal variation of the spawning (after Lhomme, 1981) and suitable salinity for postlarva and juvenile growth for three patterns of rainfall.

de saison sèche. Elle est significative au seuil de 1 % et permet d'expliquer 55 % de la variance (tabl. 3). Les plus grosses crevettes sont pêchées pour une valeur de l'indice pluviométrique comprise entre 1 et 1,2 m.

Captures numériques

Comme pour les captures pondérales, une régression linéaire simple, négative, permet de rendre compte de la relation entre les captures numériques annuelles et l'indice pluviométrique de saison sèche. La relation est significative et permet d'expliquer 56 % de la variance. L'élimination de la valeur de 1984 permet d'améliorer la régression qui explique alors 77 % de la variance (tabl. 3, fig. 8).

DISCUSSION

Variations mensuelles

Les pontes sont suffisamment importantes pour assurer un maximum de captures à tout moment de l'année et les variations de captures pondérales, qui correspondent à celles des captures numériques, dépendent en grande partie de la salinité.

Dans le scénario 1, les maxima de captures en milieu d'année correspondent à la seule époque où la salinité permet la croissance des subadultes dans toute la zone de pêche. Puisque les postlarves et les juvéniles ont bénéficié toute l'année de conditions favorables à leur installation et à leur croissance, les faibles captures enregistrées entre octobre et mai pourraient être dues en partie au fait que les crevettes migrent à une taille trop petite pour être retenues par les filets.

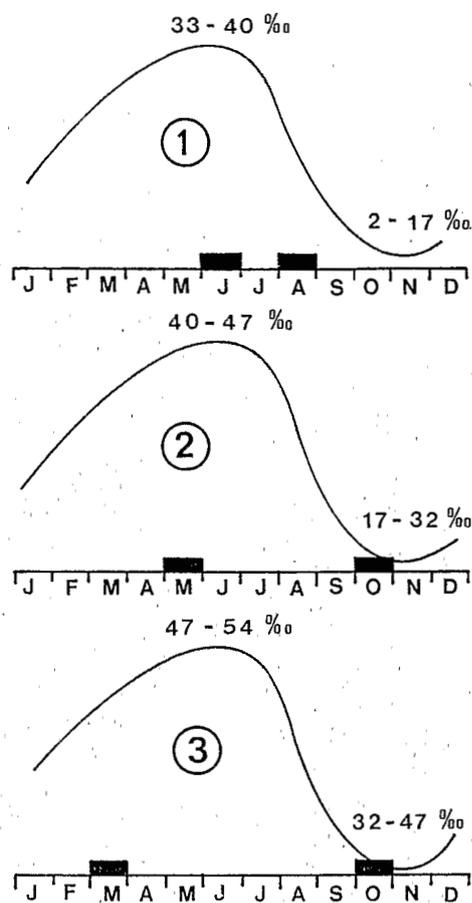


Figure 7. — Variations saisonnières de la salinité à Ziguinchor et des maxima de captures numériques en années pluvieuses (1), moyennement pluvieuses (2) et déficitaires (3).

Seasonal variations of salinity at Ziguinchor and occurrence of the numerical catch peaks for good (1), average (2) and poor (3) rainfall.

Le filet à maille 12 mm ne retient que 50 % des crevettes mesurant 8,5 cm de longueur totale (Le Reste et Lozach'Meur, non publié). Par ailleurs, en Casamance, les crevettes mesurant moins de 8 cm, non commercialisables, sont rejetées (Lhomme, *op. cit.*). Les crevettes, en début et en fin d'année, devaient donc migrer, en majorité, à une taille inférieure à 8 cm. Cela est tout à fait vraisemblable puisqu'en Côte d'Ivoire, en milieu dessalé, la longueur céphalothoracique moyenne des crevettes capturées à l'aide de filets à maille 10 mm est égale à 16,5 mm, ce qui correspond à une longueur totale de 7,5 cm (Garcia, 1977).

Dans les scénarios 2 et 3, l'augmentation de la salinité en saison sèche hâte la migration des crevettes subadultes, d'où une diminution ultérieure des prises, et gêne le recrutement des postlarves, ce qui prolonge le déficit des captures en début de saison humide.

L'osmorégulation de *P. notialis* n'a pas été étudiée. Chez une espèce proche systématiquement, *P. duo-*

rarum, l'isosmoticité entre hémolymphe et milieu est atteinte pour une salinité plus faible chez les juvéniles (Williams, 1960; Castille et Lawrence, 1981) que chez les subadultes (Burse et Lane, 1971), ce qui est le cas le plus fréquent chez les pénéides. Chez les subadultes, l'osmorégulation est bien assurée entre 20 et 41 ‰ et le taux de survie est élevé entre 20 et 54 ‰ mais diminue rapidement en dehors de ces limites. Ces limites de tolérance correspondent bien à celles que nous avons déterminées grossièrement pour *P. notialis*. Parmi toutes les espèces étudiées expérimentalement, *P. notialis* semble se rapprocher de *P. esculentus*, espèce australienne dont les juvéniles présentent une bonne osmorégulation entre 3 et 50 ‰ et les subadultes entre 30 et 50 ‰ (Dall, 1981).

Il est difficile d'expliquer pourquoi, dans les scénarios 2 et 3, les pontes relativement importantes en fin d'année sont à l'origine de captures assez faibles alors que la salinité permet aussi bien l'installation des postlarves que la croissance des juvéniles et subadultes. En 1978, des recrutements importants de postlarves ont bien été observés en septembre-octobre dans la zone de pêche mais ils ne se sont traduits que par des captures modestes (Le Reste, 1982). Peut-être la chute de température entre octobre et décembre, à laquelle correspond un effondrement de la biomasse phyto et zooplanctonique (Diouf et Diallo, 1987) provoque-t-elle une mortalité importante ou un blocage de la croissance chez les juvéniles.

Variations annuelles

Captures pondérales

Il existe une bonne corrélation entre les captures pondérales annuelles et l'indice pluviométrique qui conditionne la salinité au premier semestre. Ce résultat rejoint nos précédentes observations sur une période plus courte (Le Reste, 1980, 1984). Paradoxalement, les captures du second semestre ne sont pas corrélées avec l'indice pluviométrique qui détermine la salinité de fin de saison humide alors qu'elles le sont avec celui qui détermine la salinité de fin de saison sèche.

Il n'y a qu'au moment de leur recrutement dans l'estuaire, entre juin et août selon la pluviométrie, que les cohortes, qui participent aux pics de captures du second semestre, sont soumises à des salinités qui sont davantage corrélées avec celle de fin de saison sèche qu'avec celle de fin de saison humide. L'étendue de l'aire où peuvent s'établir les postlarves entre juin et août serait donc déterminante pour expliquer l'importance des captures du deuxième semestre. Elle pourrait conditionner l'abondance des subadultes dans la zone de pêche. D'elle également pourrait largement dépendre, la taille de migration, dans la mesure où, après le recrutement et jusqu'au moment de la migration, les déplacements sont probablement peu importants (Parker, 1970; Galois, 1975; Le Reste et Collart-Odinetz, 1987).

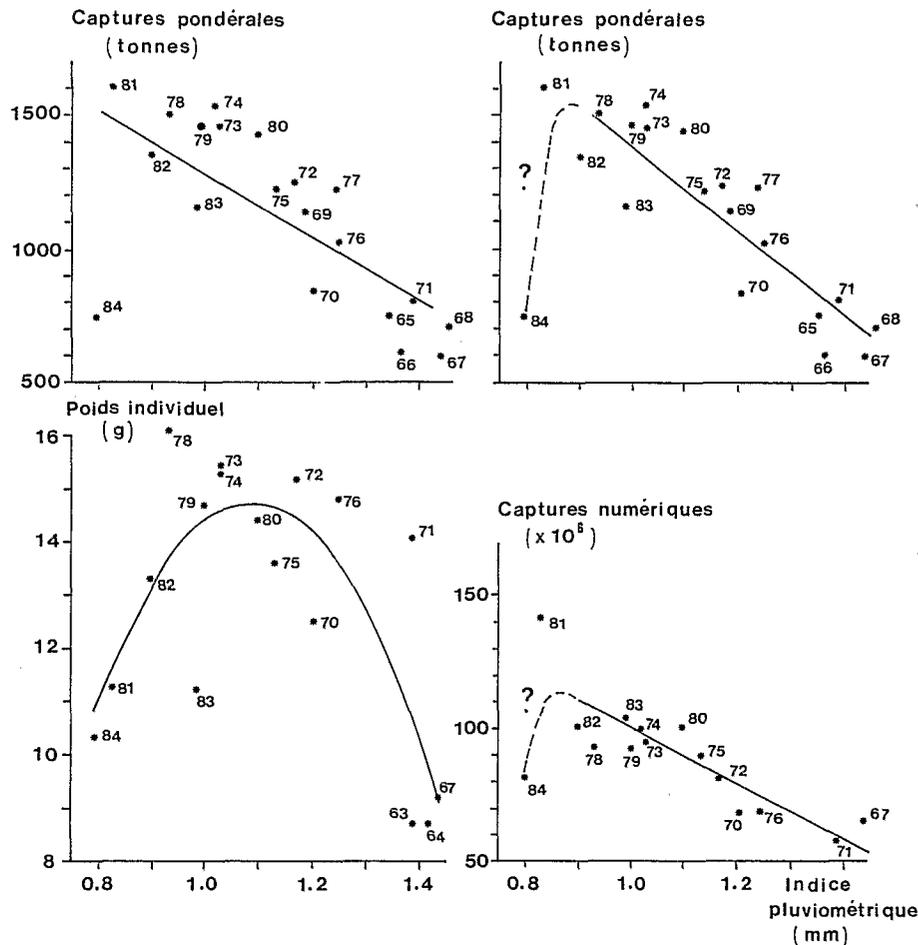


Figure 8. — Variations annuelles des captures pondérales (régression linéaire avec 1984 à gauche et sans 1984 à droite), poids individuel et captures numériques (régression linéaire sans 1984) de crevettes dans l'estuaire en fonction de la pluviométrie qui détermine la salinité au premier semestre. Les portions de courbes en tirets ont été tracées à main levée.

Annual variations of weight catches (linear regression including 1984 on the left and without 1984 on the right), individual weight and numerical catches (linear regression without 1984) of shrimps as a function of the rainfall determining the dry season salinity at Ziguinchor. The dashed line has been drawn freehand.

Les captures augmentent progressivement quand la pluviométrie diminue, selon une régression linéaire simple, jusqu'à une valeur de l'indice impossible à préciser mais qui semble être comprise entre 0,8 et 0,9 m. Il est probable qu'elles diminuent ensuite assez brutalement. La relation positive entre captures et pluviométrie ne peut cependant pas être déterminée, un seul cas ayant été observé. Sur la figure 8, la relation a été supposée négative jusqu'à 0,9 m; pour les valeurs inférieures, la portion de courbe, hypothétique, a été tracée à main levée.

L'inversion de la relation correspond à une salinité de 50-52 ‰ en fin de saison sèche et de 38-44 ‰ en fin de saison humide à Ziguinchor. Le gradient étant alors positif vers l'amont toute l'année dans la zone de pêche, les captures maximales sont donc enregistrées pour une sursalure importante. Cela ne correspond probablement pas au *preferendum* de *P. notialis* car, chez toutes les espèces étudiées, le point d'isosmoticité est égal ou inférieur à 30 ‰ (Burse et Lane, 1971; Castille et Lawrence, 1981;

Dall, 1981; Charmantier-Daures *et al.*, 1988; Diwan et Laxminarayana, 1989; Diwan *et al.*, 1989).

En fait les variations des captures pondérales dépendent à la fois de celles des captures numériques et de celles du poids individuel des crevettes pêchées. En fonction de l'évolution respective de ces deux indicateurs, trois phases, correspondant à des valeurs décroissantes de l'indice pluviométrique, peuvent être distinguées.

— Pour une pluviométrie supérieure à environ 1,1 m, la relation est négative entre les deux indicateurs et la pluviométrie.

— Pour une pluviométrie comprise entre environ 1,1 m et 0,8-0,9 m, la relation est toujours négative entre captures numériques et pluviométrie mais devient positive entre poids individuel et pluviométrie. Le gain de poids résultant de l'augmentation des captures numériques l'emporte cependant sur la perte résultant de la diminution du poids individuel.

Tableau 3. - Captures pondérales (C en tonnes), poids moyen des crevettes (W en grammes) et captures numériques (N. 10⁶) une année en fonction de la valeur de l'indice pluviométrique (R en mètre). Le niveau de signification est indiqué par ** $p < 0,01$; r = coefficient de corrélation; r^2 = coefficient d'estimation.

Yearly landings (C in metric tons), mean weight of the shrimps (W in grams) and numerical catches (N. 10⁶) as a function of the rainfall index (R in metres). ** Significance difference for $p < 0,01$; r = correlation coefficient; r^2 = estimation coefficient.

	Nombre d'observations	Écart-type de l'estimation	r	r ²
Captures pondérales (t) $C = aR + b$ (sans 1984) $a = -1\,594^{**}$ (écart-type 185) $b = 2\,988^{**}$ (217)	19	148	0,90**	0,81
Poids individuel (g) $W = aR + bR^2 + c$ $a = 98,73^{**}$ (24,83) $b = -45,28^{**}$ (10,90) $c = -39,10^{**}$ (13,80)	17	1,63	0,74**	0,55
Captures numériques (10 ⁶) $N = aR + b$ (sans 1984) $a = -105,20^{**}$ (16,50) $b = 205,64^{**}$ (18,36)	14	10,62	0,88**	0,77

- Pour une pluviométrie inférieure à 0,8-0,9 m, la relation devient positive entre les deux indicateurs et la pluviométrie.

Les résultats concernant les relations entre les captures de crevettes en estuaire ou lagune et la pluviométrie - ou le débit fluvial - sont peu nombreux et contradictoires. Thomson (1956), à Lake Illawora, en Australie, note une corrélation positive entre les captures d'une année et la pluviométrie des deux années précédentes mais ne donne aucun renseignement sur l'environnement et n'explique pas la relation trouvée. En Louisiane, une corrélation négative est trouvée entre les captures côtières et le débit fluvial (Barrett et Gillespie, 1975); dans un milieu constamment dessalé, toute augmentation du débit provoque une diminution des surfaces disponibles pour les postlarves et juvéniles. Glaister (1978), en revanche, n'observe pas de corrélation entre captures et pluviométrie dans la rivière Clarence, en Australie.

De nombreux auteurs ont observé une corrélation positive entre captures en mer et pluviométrie ou débit des fleuves (Gunter et Edwards, 1969; Ruello, 1973; Glaister, 1978; Browder, 1985; Lhomme et Garcia, 1984; Vance *et al.*, 1985; Jorge da Silva, 1986). Les explications varient en fonction du temps de latence entre la période où la pluviométrie est prise en compte et celle où les captures ont lieu. La baisse de salinité pourrait avoir un effet bénéfique sur la reproduction, le recrutement et la survie des postlarves, la migration des juvéniles en mer. Dans quelques cas, cependant, pour une même espèce, la relation positive dans une partie de l'aire de distribution, disparaît ou devient négative ailleurs (Gunter et Edwards, 1969; Barrett et Gillespie, 1973, 1975; Lhomme et Garcia, 1984; Vance *et al.*, 1985). La relation négative est alors observée, selon les auteurs, dans les zones où la pluviométrie est la plus forte.

La relation positive entre captures en mer et pluviométrie est généralement trouvée dans les zones où les lagunes et les estuaires sont saumâtres, comme l'était l'estuaire de la Casamance jusqu'en 1975 et où la relation entre captures et pluviométrie était négative. Le changement de signe de la relation n'a donc pas la même signification en Casamance que dans les cas où elle a été observée en mer; elle avait lieu alors pour les fortes dessalures alors qu'en Casamance elle est observée en milieu sursalé.

L'évolution du signe de la corrélation entre captures et pluviométrie en Casamance et en mer, d'après la littérature, peut être grossièrement présentée comme suit, en fonction de la salinité dans les nourriceries.

	Casamance	Mer (littérature)
Estuaire très dessalé		-
Estuaire dessalé à salé	-	+
Estuaire très sursalé	+	

Captures en poids

Il existe une relation linéaire quadratique entre le poids individuel moyen des crevettes pêchées une année et l'indice pluviométrique qui détermine la salinité au premier semestre. Le poids est maximum pour une salinité de 41-47 ‰ en fin de saison sèche et de 20-32 ‰ en fin de saison humide à Ziguinchor. Ce résultat est en accord avec ceux de Garcia (1977) et de Staples et Vance (1986) qui indiquent que, en

milieu saumâtre, la taille de migration augmente quand la pluviométrie diminue. Il ne semble pas qu'une relation parabolique ait jamais été mise en évidence. Il est cependant intéressant de noter que les crevettes en migration capturées dans la ria sursalée du Sine Saloum, au Nord de la Casamance, sont de petite taille, 8 à 8,5 cm (4-4,5 g) selon de Bondy (1968) et Lhomme (1981). Dans les deux cas, il est vrai, la maille des filets — 8 mm — était plus petite qu'en Casamance.

Nous avons admis que la croissance des cohortes qui participent aux maxima de captures était identique quelle que soit la pluviométrie. Cela est probablement vrai dans la mesure où ces cohortes se développent aux périodes de l'année où la salinité est généralement la moins traumatisante mais ne l'est peut-être pas pour toutes les cohortes et il est possible que la taille moyenne de migration pour une année dépende à la fois de la vitesse de croissance et de l'âge des crevettes.

Les crevettes sont plus petites les premières années de pêche qu'après 1970 quand l'effort était beaucoup plus important (Le Reste, 1984). Cela tend à montrer que les variations de la taille de migration sont indépendantes de l'effort de pêche car lorsqu'il y a une relation, la taille tend à diminuer quand l'effort augmente.

Nous avons montré au cours d'une précédente étude (Le Reste, 1987) que la taille de migration en fin de saison sèche et fin de saison humide dépend davantage de la vitesse du courant qui, en Casamance, diminue vers l'amont, que de la salinité, lorsque celle-ci varie dans les limites de 20 à 50 ‰. La salinité seule n'explique que 12 % de la variance alors que la prise en compte du courant permet d'expliquer 68 % de celle-ci. La taille varie selon une relation linéaire quadratique en fonction de la salinité, la taille maximale étant observée pour 29 ‰, et une relation linéaire simple négative en fonction de la vitesse du courant. D'après cette relation, dans les limites de 20 à 50 ‰, le poids des crevettes en migration peut varier (pour les périodes mai-juin et septembre-octobre) entre environ 14 et 19 g à Goudomp et entre 6 à 9 g à Ziguinchor.

Les variations annuelles du poids moyen des crevettes pêchées dépendent donc surtout de l'extension de l'aire de répartition des adultes vers l'amont. Dans les scénarios 2 et 3, celles-ci correspondent aux aires colonisées par les postlarves puisque d'une part les subadultes trouveront des conditions de salinité tolérables dans les mêmes aires et que d'autre part les déplacements de crevettes sont probablement limités après le recrutement. Dans le scénario 1 elles correspondent aux seules zones où peuvent vivre les subadultes.

La taille de migration des crevettes dépendra donc essentiellement de la salinité au moment du recrutement des postlarves et, à un moindre degré, de la salinité à laquelle sont confrontés les subadultes, dans

les scénarios 2 et 3. Dans le scénario 1, au contraire, la taille de migration dépend uniquement de la salinité à laquelle sont confrontés les subadultes.

L'aire de répartition des subadultes s'étendant plus en amont dans le scénario 2 que dans les deux autres scénarios, les crevettes migrent donc à une plus grande taille.

Captures numériques

Les captures numériques sont corrélées négativement avec la pluviométrie tant que celle-ci est supérieure à 0,9 m. Il est difficile de prévoir l'évolution des captures lorsque la pluviométrie devient plus faible et nous avons tracé à main levée la portion de courbe correspondant à la corrélation positive que semble indiquer l'effondrement des captures en 1984.

Staples et Vance (*op. cit.*) n'ont pas trouvé de corrélation entre les captures numériques annuelles des crevettes migrantes et celles des postlarves recrutées. Par ailleurs, les tentatives de différents auteurs pour corréler l'importance des captures en mer et celle du recrutement des postlarves en estuaire n'ont généralement pas été concluantes (Garcia et Le Reste, 1981). Il semble que les variations annuelles d'abondance des crevettes migrantes dépendent essentiellement des conditions environnementales dans les estuaires et lagunes.

Nos résultats sont apparemment très différents de ceux de Staples et Vance puisque ces deux auteurs ont mis en évidence une corrélation positive entre captures numériques des crevettes en migration et pluviométrie. En fait, ils ont effectué des pêches expérimentales dans un estuaire saumâtre où toute augmentation de la salinité se traduit par une augmentation de la taille de migration; d'autre part ils ont utilisé des filets à très petites mailles (2 mm) ne permettant aucun échappement. En Casamance, un grand nombre de crevettes n'étaient pas retenues par les filets dans le scénario 1 alors que l'échappement devait être faible dans le scénario 2. Un filet non sélectif aurait certainement permis de capturer davantage de crevettes dans le scénario 1 que dans le scénario 2 et nous aurions alors obtenu le même résultat que Staples et Vance.

En 1984, étant donné la petite taille des crevettes migrantes, la médiocrité des captures numériques peut être due, comme dans le scénario 1, à l'échappement ou aux rejets qui ont dû être importants. Elle peut s'expliquer en outre par la réduction des zones favorables à l'établissement des postlarves.

Dans le scénario 3, le poids des crevettes à la migration est élevé et l'échappement a dû être faible; le fait que les captures numériques soient alors plus importantes que dans le scénario 2 traduirait le type

de relation inverse entre abondance et taille à la migration observé par Staples et Vance.

La corrélation négative généralement observée entre captures numériques et pluviométrie pourrait provenir, en partie, du fait que les cohortes, qui participent aux maxima de captures, sont issues de pontes d'autant plus importantes que la pluviométrie est plus faible.

En 1967, année où l'effort est le plus faible, les captures observées sont sensiblement supérieures aux captures prédites (fig. 8), ce qui semble indiquer qu'à partir de cette date au moins, les variations de l'effort de pêche n'ont plus d'influence notable sur les captures.

CONCLUSION

Les captures annuelles sont corrélées négativement avec la pluviométrie entre environ 1,5 et 0,9 m. Les captures maximales sont atteintes alors que l'estuaire est sursalé, la salinité moyenne étant d'environ 44 ‰.

à la limite aval de la zone de pêche et étant plus élevée encore en amont. Ce résultat est dû en grande partie à l'évolution des captures numériques des crevettes de taille commercialisable (longueur totale ≥ 8 cm). Quand la pluviométrie devient inférieure à 0,9 m, les captures, tant numériques que pondérales, sont susceptibles de s'effondrer. Le poids individuel des crevettes pêchées varie de façon parabolique en fonction de la pluviométrie et est maximum lorsqu'elle atteint 1 à 1,2 m, ce qui correspond à une salinité moyenne d'environ 35 ‰ à la limite aval de la pêcherie, la salinité en amont devant être du même ordre.

Les bouleversements intervenus dans la pêcherie en 1985 ne sont pas fortuits et correspondent à un effort des pêcheurs pour améliorer leurs rendements après l'effondrement des captures en 1984. La pêche des crevettes avant qu'elles n'aient atteint la taille de migration n'est pas forcément condamnable; il a été vu que lorsque la pluviométrie atteint 0,9 à 1,1 m, l'augmentation des captures numériques peut compenser, et au-delà, la diminution du poids individuel. Il n'est pas sûr cependant que, même dans ce cas, le gain en tonnage s'accompagne d'un gain en valeur.

Remerciement

Je remercie M^{me} J. Ferraris, MM. P. Cury et J. J. Albaret pour leurs conseils ainsi que les deux personnes anonymes qui ont eu à juger ce travail, pour leurs critiques constructives.

RÉFÉRENCES

- Barrett B. B., M. C. Gillespie, 1973. Primary factors which influence commercial shrimp production in coastal Louisiana. *La. Wildl. Fish. Comm. Tech. Bull.*, **9**, 1-28.
- Barrett B. B., M. C. Gillespie, 1975. Environmental conditions relative to shrimp production in coastal Louisiana. *La. Wildl. Fish. Comm. Tech. Bull.*, **15**, 1-22.
- Bondy E. de, 1968. Observations sur la biologie de *Penaeus duorarum* au Sénégal. *Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, **16**, 50 p.
- Browder J. A., 1985. Relationship between pink shrimp production on the Tortugas grounds and water flow patterns in the Florida Everglades. *Bull. Mar. Sci.*, **37**, 839-856.
- Brunet-Moret Y., 1970. Études hydrologiques en Casamance. Rapport définitif ORSTOM, Paris, 52 p.
- Bursey C. R., C. E. Lane, 1971. Osmoregulation in the pink shrimp *Penaeus duorarum* Burkenroad. *Comp. Biochem. Physiol.*, **39A**, 483-493.
- Castille F. L. Jr., A. L. Lawrence, 1981. The effect of salinity on the osmotic, sodium and chloride concentrations in the hemolymph of euryhaline shrimp of the genus *Penaeus*. *Comp. Biochem. Physiol.*, **68A**, 75-80.
- Charmantier-Daures M., P. Thuet, G. Charmantier, J. P. Trilles, 1988. Tolérance à la salinité et osmorégulation chez les post-larves de *Penaeus japonicus* et *P. chinensis*. Effet de la température. *Aquat. Living Resour.*, **1**, 267-276.
- Dall W., 1981. Osmoregulatory ability and juvenile habitat preference in some penaeid prawns. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **54**, 55-64.
- Debenay J. P., J. Pages, P. S. Diouf, 1989. Ecological zonation of the hyperhaline estuary of the Casamance River (Senegal); Foraminifera, zooplankton and abiotic variables. *Hydrobiologia*, **174**, 161-176.
- Diouf P. S., A. Diallo, 1987. Variations spatio-temporelles du zooplancton d'un estuaire hyperhalin: la Casamance. *Rev. Hydrobiol. trop.*, **20**, 257-269.
- Diwan A. D., A. Laxminarayana, 1989. Osmoregulatory ability of *Penaeus indicus* H. Milne Edwards in relation to varying salinities. *Proc. Indian Acad. Sci. (Anim. Sci.)*, **98**, 105-111.
- Diwan A. D., A. Laxminarayana, V. S. Kasati, 1989. Osmoregulatory ability of *Penaeus monodon* (Fabricius) in relation to varying salinities. *Indian J. Fish.*, **36**, 53-57.
- Galois R., 1975. Biologie, écologie et dynamique de la phase lagunaire de *Penaeus duorarum* en Côte d'Ivoire. Thèse dr. Univ. Aix-Marseille, 120 p.
- Garcia S., 1977. Biologie et dynamique des populations de crevettes roses (*Penaeus duorarum notialis* Perez Farfante, 1967) en côte d'Ivoire. *Trav. Doc. ORSTOM*, **79**, 271 p.

- Garcia S., L. Le Reste, 1981. Cycles vitaux, dynamique, exploitation et aménagement des stocks de crevettes penaeides côtières. *FAO Doc. Tech. Pêches*, **203**, 210 p.
- Glaister J. P., 1978. The impact of river discharge on distribution and production of the school prawn *Metapenaeus macleayi* (Haswell) (Crustacea: Penaeidae) in the Clarence River region, northern New South Wales. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.*, **29**, 311-323.
- Gunter G., J. C. Edwards, 1969. The relation of rainfall and fresh-water drainage to the production of the penaeid shrimps (*Penaeus fluviatilis* Say and *Penaeus aztecus* Ives) in Texas and Louisiana waters. *FAO Fish. Rep.*, **57**, 875-892.
- Hoestlandt H., 1969. Recherches sur le cycle biologique de la crevette *Penaeus duorarum* Burkenroad, 1939 au Dahomey. *FAO Fish. Rep.*, **57**, 687-708.
- Jorge da Silva A., 1986. River runoff and shrimp abundance in a tropical coastal ecosystem. The example of the Sofala Bank (Central Mozambique). In: The role of freshwater outflow in coastal marine ecosystems, S. Skreslet ed., Springer-Verlag, Berlin, 329-344.
- Le Reste L., 1980. The relation of rainfall to the production of the penaeid shrimp *Penaeus duorarum* in the Casamance estuary (Senegal). In: Proc. 5th Int. Symp. Tropical Ecology, Kuala Lumpur, J. I. Furtado ed., 1169-1173.
- Le Reste L., 1982. Variations spatio-temporelles de l'abondance et de la taille de la crevette *Penaeus notialis* en Casamance (Sénégal) *Oceanol. Acta*, **4**, 327-332.
- Le Reste L., 1984. Étude des variations annuelles de la production de crevettes dans l'estuaire de la Casamance (Sénégal). In: Aménagement des pêches dans les lagunes côtières, J. M. Kapetsky, G. Lasserre eds., *Étud. Rev. CGPM*, **61**, 253-269.
- Le Reste L., 1987. Influence de la salinité et du courant sur la taille de migration des crevettes *Penaeus notialis* dans l'estuaire de la Casamance (Sénégal). *Rev. Hydrobiol. trop.*, **20**, 279-289.
- Le Reste L., O. Collart-Odinetz, 1987. Étude des déplacements de crevettes dans l'estuaire de la Casamance (Sénégal). *Rev. Hydrobiol. trop.*, **20**, 271-277.
- Lhomme F., 1981. Biologie et dynamique de *Penaeus notialis* (Perez Farfante, 1967) au Sénégal. Thèse dr. Univ. Paris-VI Pierre-et-Marie-Curie, 248 p.
- Lhomme F., S. Garcia, 1984. Biologie et exploitation de la crevette pénaeide au Sénégal. In: Penaeid shrimps- their biology and management, J. A. Gulland, B. J. Rothschild eds., News Books Ltd, Farnham, England, 111-141.
- Marius C., 1976. Effets de la sécheresse sur l'évolution des sols de mangrove; Casamance-Gambie, ORSTOM, Dakar, 79 p.
- Monod T., 1966. Crevettes et crabes de la Côte Occidentale d'Afrique. *Mem. I.F.A.N.*, **77**, 103-234.
- ORSTOM, 1977. Annuaire hydrologique 1976-1977. ORSTOM, Dakar, 155 p.
- Pagès J., J. P. Debenay, 1987. Évolution saisonnière de la salinité de la Casamance. Description et essai de modélisation. *Rev. Hydrobiol. trop.*, **20**, 203-217.
- Pagès J., J. P. Debenay, J. Y. Le Brusq, 1987. L'environnement estuarien de la Casamance. *Rev. Hydrobiol. trop.*, **20**, 191-202.
- Parker J. C., 1970. Distribution of juvenile brown shrimp, *Penaeus aztecus* Ives, in Galveston Bay (Texas) as related to certain hydrographic features and salinity. *Contrib. Mar. Sci.*, **15**, 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**, 221-228.
- Staples D. J., D. J. Vance, 1986. Emigration of juvenile banana prawns *Penaeus merguensis* from a mangrove estuary and recruitment to offshore areas in the wet-dry tropics of the Gulf of Carpentaria, Australia. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **27**, 239-252.
- Thomson J. M., 1956. Fluctuations in Australian prawn catch. *Proc. Indo-Pacif. Fish. Council.*, **6**, 444-447.
- Vance D. J., D. J. Staples, J. D. Kerr, 1985. Factors affecting year-to-year Variation in the catch of banana prawns (*Penaeus merguensis*) in the Gulf of Carpentaria, Australia. *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, **42**, 83-97.
- Williams A. B., 1960. The influence of temperature on osmotic regulation in two species of estuarine shrimps (*Penaeus*). *Biol. Bull.*, 560-571.