

*Influence de la salinité et du courant
sur la taille de migration des crevettes
Penaeus notialis
dans l'estuaire de la Casamance
(Sénégal)*

L. LE RESTE (1)

RÉSUMÉ

L'estuaire de la Casamance, au sud du Sénégal, abrite une importante pêcherie de crevettes (*Penaeus notialis*). Elle exploite les crevettes en migration dont la taille varie le long de l'estuaire, et, en un même site, d'une saison et d'une année à l'autre. Nous avons étudié l'influence de la salinité et de la vitesse du courant de marée, le seul sensible en l'absence de crue, sur la taille de migration. Pris séparément, chacun des deux paramètres n'explique qu'une faible part de la variance: 12,3 % pour la salinité et 20,9 % pour le courant. En revanche, la prise en compte des deux paramètres, qui sont indépendants, rend compte de 68,4 % de la variance. Pour une vitesse de courant donnée la relation entre taille et salinité est parabolique, la taille maximale étant observée pour une salinité de 29 ‰. Pour une salinité donnée, la relation entre taille et courant est linéaire, la taille augmentant lorsque la vitesse du courant diminue.

MOTS-CLÉS : Afrique de l'Ouest — Sénégal — Estuaires — *Penaeus* — Migrations — Salinité — Courant.

SUMMARY

INFLUENCE OF SALINITY AND CURRENT UPON THE SIZE OF THE SHRIMPS *Penaeus notialis*
IN THE CASAMANCE ESTUARY (SENEGAL)

The Casamance estuary, situated in southern Senegal, supports an important shrimp fishery exploiting the shrimps (*Penaeus notialis*) migrating towards the sea. The size of the shrimps varies not only at different points along the estuary for a given period of time, but also varies with season and year. The influence of salinity and tide current — only observed because there is no river discharge — upon the size have been studied. The percentage of the variance accounted for by salinity or current alone is poor: 12.3 and 20.9 %. But when both parameters are taken into account, 68.4 % of the variance is explained. For a given current velocity, the relationship between size and salinity is parabolic; the maximal size is observed for a salinity of 29 ‰. For a given salinity, there is an inverse relationship between size and current velocity.

KEY WORDS : West Africa — Senegal — Estuaries — *Penaeus* — Migrations — Salinity — Current speed.

INTRODUCTION

L'estuaire de la Casamance, au sud du Sénégal (fig. 1), abrite une pêcherie artisanale exploitant la crevette pénéide *Penaeus notialis*. Les captures

annuelles peuvent varier entre environ 700 et 1 600 tonnes en fonction de la salinité, qui dépend de la pluviométrie locale (LE RESTE, 1980, 1984).

Comme la plupart des crevettes pénéides côtières, *P. notialis* se reproduit en mer cependant que la

(1) Biologiste de l'ORSTOM en fonction au CRODT/ISRA B.P. 2241, Dakar, Sénégal.

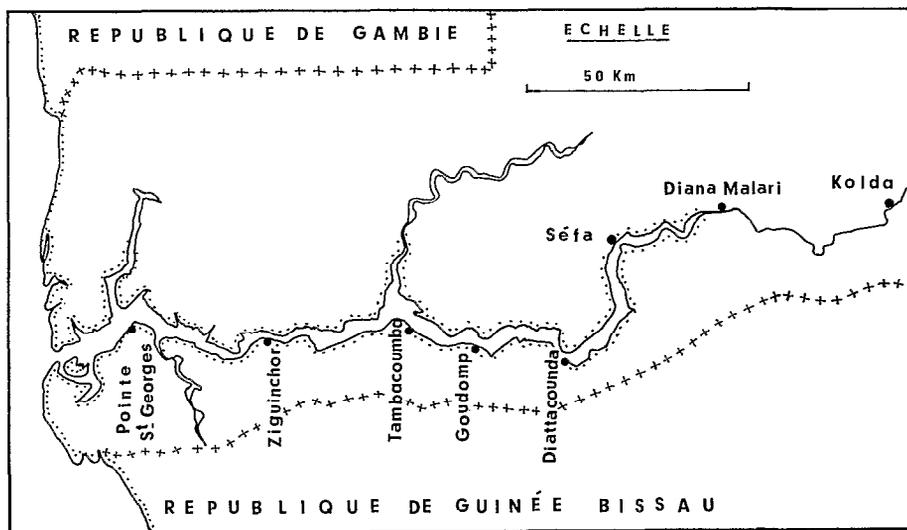


FIG. 1. — Estuaire de la Casamance. *The Casamance estuary*

phase juvénile et une partie de la phase subadulte se déroulent en estuaire. La pêche exploitait la population en migration vers la mer à l'aide de filets fixés de part et d'autre de pirogues ancrées dans le chenal.

La taille à laquelle les crevettes retournent en mer varie selon les saisons mais peut aussi varier d'une année sur l'autre. C'est ainsi qu'en 1966 les crevettes en migration mesuraient en moyenne 9,70 cm (de BONDY, 1968) alors qu'elles mesuraient 12,16 cm en 1976 (LHOMME, 1981). La taille à la migration, qui dépend de la vitesse de croissance et de la durée du séjour des crevettes dans l'estuaire, varie, selon les régions, en fonction de la température (PULLEN et TRENT, 1969), de la salinité (RUELLO, 1973b; GARCIA, 1977; LE RESTE, 1978; STAPLES, 1980). RUELLO et LE RESTE, en même temps que la salinité, mettent en cause le courant.

En Casamance, la température varie entre 22 et 31 °C (de BONDY, 1968; LE RESTE, 1982) et semble peu susceptible d'influencer la taille de migration comme ce peut être le cas dans des régions tempérées où les variations, tant saisonnières qu'interannuelles peuvent être très importantes. LHOMME (1981) et LE RESTE (1982) pensaient que la salinité pouvait expliquer en partie les variations de la taille de migration mais qu'un autre paramètre, peut-être le courant, doit intervenir. Nous allons étudier ici le rôle éventuel de ces deux paramètres.

1. MÉTHODOLOGIE ET ANALYSE DES DONNÉES

1.1. Méthodologie

Les mesures et échantillonnages ont été réalisés à Pointe Saint-Georges, Ziguinchor, Tambakounba, Goudomp et Diattakounda, situés respectivement à 22, 63, 100, 114 et 140 km de l'embouchure. L'« excursion » de la marée étant d'une dizaine de km vers Ziguinchor, aussi bien vers l'amont que vers l'aval, et n'atteignant plus que 5 km environ vers Goudomp (MILLET *et al.*, 1986), les crevettes, dont les déplacements dépendent surtout des courants, mettront donc au moins trois ou quatre jours pour parcourir la distance entre deux stations. En fait, l'effort de pêche étant très important, il semble que relativement peu de crevettes d'un site atteignent le site aval (LE RESTE et COLLART-ODINETZ, 1987). De ce fait, la taille moyenne des crevettes pêchées en un site doit surtout dépendre des conditions environnementales qui y prévalent.

Par ailleurs il existe deux grandes périodes de migration, l'une en saison sèche, l'autre en saison humide (LHOMME, 1981; LE RESTE, 1982) ce qui permet, pour une année donnée, d'analyser la taille de migration pour des conditions environnementales très contrastées.

Enfin, les conditions environnementales, en rela-

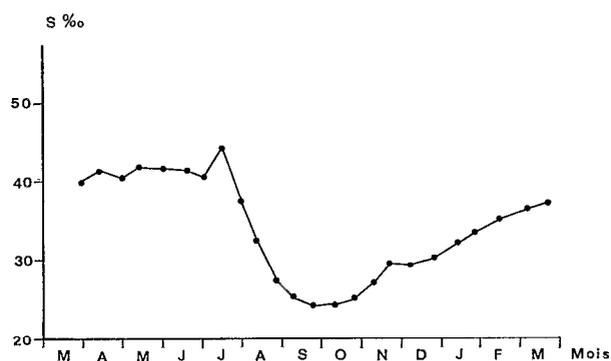


FIG. 2. — Variations saisonnières de la salinité à Pointe Saint-Georges (1978-1979). Seasonal variations of salinity at Pointe Saint-Georges (1978-1979)

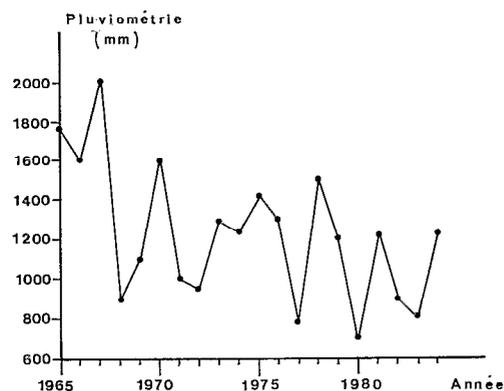


FIG. 3. — Variations de la pluviométrie à Ziguinchor. Rainfall at Ziguinchor from 1965 to 1984

TABLEAU I

Salinité (S ‰) de fin de saison sèche (S.S.) et de fin de saison humide (S.H.)
Salinity (s ‰) at the end of dry and wet seasons at different sites

	P.St Georges		Ziguinchor		Tambakounba		Goudomp		Diattakounda	
	S.S	S.H	S.S	S.H	S.S	S.H	S.S	S.H	S.S	S.H
1966			38	6						
1967			39							
1968	35	35	32	18	27	9				
1978	41	24	47	23	60	23				
1981		31		33		35		33		30
1982	46	33	50	33	54	30	50	33	51	29
1983	42	37	48	44	56	49	59	52	60	54
1984	43	34	52	38	61	43	69	47	77	50
1985	43		48		56		61		73	

tion avec la pluviométrie, ayant considérablement changé au cours des vingt dernières années, les données historiques recueillies soit par d'autres auteurs, soit par nous, seront également utilisées.

La prise en compte des variations spatiales et temporelles nous permettra ainsi de disposer d'une gamme très large de situations environnementales pour lesquelles nous observerons la taille des crevettes.

1.2. Salinité

La salinité présente des variations saisonnières liées à la pluviométrie locale. La saison des pluies s'étend de juin à octobre. Les salinités maximales sont observées entre mai et juillet et les salinités minimales entre septembre et novembre (fig. 2). La

pluviométrie, au cours des vingt dernières années, a beaucoup varié, avec une tendance à diminuer (fig. 3), ce qui s'est répercuté sur la salinité.

BRUNET-MORET (1970) observe qu'il n'y a jamais de stratification de la masse d'eau du fait de la profondeur assez faible du chenal (environ 10 m en aval de Ziguinchor, diminuant progressivement vers l'amont) et des mouvements tourbillonnaires liés aux courants de marée. Cette constatation a été confirmée par PAGÈS (*comm. pers.*) qui n'a observé de stratification qu'en saison des pluies, durant les quelques heures qui suivent les fortes précipitations. Aussi nous sommes-nous référés aux seules salinités de surface.

Nous avons présenté dans le tableau I les salinités observées le long de l'estuaire, d'une part en fin de saison sèche, d'autre part en fin de saison humide.

Les données de 1966 et 1967 sont empruntées à de BONDY (*op. cit.*), celles de 1968 à BRUNET-MORET (*op. cit.*), celles de saison sèche 1984 à PAGÈS (*com. pers.*). Les mesures de saison sèche ont été faites en mai ou juin, celles de saison humide en septembre, octobre ou novembre. Les mesures utilisées pour les calculs ont été faites en même temps que les pêches qui ont servi aux mensurations des crevettes.

On constate que les variations saisonnières et interannuelles sont importantes, avec une tendance à l'augmentation entre 1966 et 1985. L'amplitude des variations augmente de l'aval vers l'amont.

Bien que les données soient malheureusement très incomplètes, il apparaît que trois types de situation se sont plus ou moins succédé dans le temps, dans la zone d'étude.

— Dans les années 1966-1968 la salinité est presque toute l'année inférieure à celle de l'eau de mer. Presque toute l'année également, elle diminue de l'aval vers l'amont; ce n'est qu'en fin de saison sèche qu'on peut éventuellement observer un « bouchon » légèrement sursalé dans la zone de Ziguinchor.

— En 1978, 1981 et 1982 la salinité est encore inférieure à celle de l'eau de mer en fin de saison des pluies mais lui est très supérieure en fin de saison sèche. Elle augmente de l'aval vers l'amont en fin de saison sèche tandis qu'elle a partout à peu près la même valeur en fin de saison des pluies.

— Depuis 1983, la salinité est toute l'année supérieure à celle de l'eau de mer. Toute l'année également, elle augmente de l'aval vers l'amont.

1.3. Courants

Les courants qui s'observent dans la partie maritime d'un fleuve sont la résultante des courants qui accompagnent l'onde de marée et du courant dû au débit du fleuve mais, en Casamance, ce dernier est négligeable.

Étudiant la marée annuelle le long de l'estuaire en 1968 et 1969, années respectivement excessive-ment sèche et humide avec 752 et 1 410 mm de pluie à Kolda, BRUNET-MORET (*op. cit.*) relève qu'elle a la même allure jusqu'à Sefa, à 180 km de l'embouchure, ce qui, explique-t-il, est dû au fait que même à cette station, les débits fluviaux sont très faibles par rapport aux débits de marée. Le même auteur relève que « la très forte crue de septembre 1969 à Kolda (pluie du 3 septembre, supérieure à 200 mm, qui a fait monter le niveau de 2,7 m en quelques heures)

ne s'est répercutée qu'à Diana Malari ». Elle n'avait pas été ressentie à la station d'enregistrement de Sefa. Les seuls courants à envisager seront donc ceux associés à l'onde de marée, semi-diurne, dont l'amplitude moyenne varie de 85 cm à Pointe St-Georges à 16 cm à Diattakounda (BRUNET-MORET, *op. cit.*).

Pour caractériser le courant en une station nous avons retenu la vitesse maximale dans le chenal, en surface.

Les crevettes pouvant rester plusieurs jours dans le chenal à la même station (LE RESTE et COLLART-ODINEZ, 1987), sont susceptibles de connaître une large partie de la gamme des courants enregistrables à cette station au cours d'un cycle de marée. Nous avons donc supposé qu'à une station donnée les crevettes connaissent un courant constant dont la valeur serait proche de la moyenne des vitesses enregistrables à cette station. Pour nous rapprocher de cette situation courantométrique moyenne nous avons fait des mesures le 26 mai 1983, c'est-à-dire à égale distance du minimum de janvier-février et du maximum de septembre-octobre de la marée annuelle (BRUNET-MORET, *op. cit.*), pendant un flot de vive eau; le fait que la vitesse maximale du flot, d'après des observations à l'aide d'un courantomètre Aanderaa mouillé à Ziguinchor, est un peu inférieure à celle du jusant, devant être plus ou moins compensé par le fait que la vitesse est un peu plus grande en vive eau.

Nous avons suivi, à l'aide d'une embarcation rapide, l'onde de marée qui met une dizaine d'heures pour parcourir les 120 km séparant Pointe Saint-Georges et Diattakounda. A chaque station les mesures étaient répétées jusqu'à ce que l'on soit assuré d'avoir enregistré la vitesse maximale. Les résultats ont été les suivants :

Pointe Saint-Georges	101 cm/s
Ziguinchor	84 cm/s
Tambakounba	65 cm/s
Goudomp	35 cm/s
Diattakounda	30 cm/s

Ces résultats sont comparables à ceux obtenus par MILLET *et al.* (*op. cit.*) en trois autres occasions.

1.4. Taille des crevettes

Nous disposons des données, non publiées, de de BONDY pour 1966 et 1967 et de nos propres données pour 1978 et de 1981 à 1984 (1).

La taille des crevettes en migration qui sont

(1) Il n'a pas été tenu compte des données de L'HOMME (1981) pour 1976 car cet auteur estime que les tailles moyennes calculées d'après les mensurations faites en usines sont surestimées par rapport à celles des crevettes pêchées, du fait de rejets assez importants de petites crevettes par les pêcheurs et mareyeurs cette année-là.

TABLEAU II

Taille des crevettes pêchées (lc en mm) aux différents sites en fin de saison sèche (S) et fin de saison humide (H) pour différentes années

Size of shrimps fished (lc in mm) at different sites, at the end of dry and wet seasons, for several years

		Pointe St. Georges		Ziguinchor		Tambakounba		Goudomp		Diattakounda	
		S	H	S	H	S	H	S	H	S	H
1966	n			229	507	484	106				
	m			20,6	18,4	20,9	21,2				
	s			2,3	2,2	2,1	2,1				
1967	n			206		210					
	m			21,6		21,7					
	s			2,3		2,9					
1978	n	154	282	67	133	99	149				
	m	18,8	19,2	22,9	23,1	26,9	29,9				
	s	2,9	3,6	3,4	5,4	4,2	5,5				
1981	n	785	833	541	626	772	354	567	357		155
	m	17,7	17,8	23,1	21,8	20,4	26,2	19,6	26,5		28,5
	s	2,3	2,3	2,4	3,4	3,2	3,4	3,9	3,7		4,0
1982	n	343	261	218	482	536	234	128	117	192	44
	m	18,2	18,5	21,8	20,3	20,6	25,3	22,6	29,1	26,4	32,7
	s	2,0	1,6	2,2	2,3	3,0	4,0	4,6	4,9	4,5	5,6
1983	n	129		130	517	194	313	86	247	277	222
	m	18,3		22,4	20,8	21,6	21,0	23,0	25,7	20,6	28,0
	s	2,2		2,4	2,8	2,6	3,6	2,4	3,0	2,7	3,1
1984	n	596	4128	102	436	257		38	85	15	359
	m	19,0	19,9	19,7	20,9	16,5		16,2	22,9	13,1	23,9
	s	2,9	2,6	2,1	5,0	1,8		1,6	2,5	1,3	3,9

pêchées peut dépendre de plusieurs facteurs : l'effort de pêche, la maille des filets, la vitesse de croissance et la durée de séjour des crevettes dans l'estuaire.

Nous avons montré (LE RESTE, 1984) que dans les limites d'effort observées jusqu'à présent, il n'y a pas de relation entre la taille des crevettes pêchées et le niveau d'effort. Par ailleurs, la maille actuelle (12 mm de côté) est la même qu'à l'époque de de BONDY (MONOD, 1966; GROSNIER et de BONDY, 1967). La taille des crevettes pêchées dépend donc essentiellement de la vitesse de croissance et de la durée du séjour des crevettes dans l'estuaire, donc des conditions environnementales. Les mensurations moyennes (longueur céphalothoracique en mm) sont présentées dans le tableau II.

On constate que les variations interannuelles de la taille peuvent être très importantes. Comme pour les salinités, l'amplitude des variations tend à augmenter de l'aval vers l'amont.

Il n'est pas possible de décrire un schéma moyen aval-amont rendant compte de toutes les situations. En 1966-1967, la taille varie peu dans la zone Ziguinchor-Tambakounba. Dans la période 1978-1982 la taille, d'une manière générale, tend à augmenter de

l'aval vers l'amont. A partir de 1983, si la taille tend toujours à augmenter de l'aval vers l'amont en saison humide, il n'en va plus de même en saison sèche où elle reste la même tout le long de l'estuaire (1983) ou même diminue de l'aval vers l'amont (1984).

2. RÉSULTATS

Nous étudierons les relations suivantes :

- taille et salinité
- taille et courant
- taille, salinité et courant.

Les équations qui ajustent le mieux les paramètres ont été calculées à l'aide du logiciel statistique GENSTAT.

2.1. Taille et salinité

Dans une précédente étude (LE RESTE et ODINETZ, 1984) nous avons montré que jusqu'à une certaine valeur de la salinité les captures augmentaient en

TABLEAU III

Relation parabolique entre taille et salinité
Parabolic relationship between size and salinity

<u>Coefficients de régression</u>			
	estimation	écart type	
Constante	18,6646729	3,9863262	
Salinité	0,2851370	0,1861951	
Salinité 2	- 0,0042918	0,0021174	
<u>Analyse de variance</u>			
Source de variation	Degrés de liberté	Somme des carrés	Carré moyen
Régression	2	112,9	56,46
Résidu	39	568,9	14,59
Pourcentage de variance expliquée : 12,3			

TABLEAU IV

Relation linéaire entre taille et courant
Linear relationship between size and current

<u>Coefficients de régression</u>			
	estimation	écart type	
Constante	26,655533	1,389146	
Courant	- 0,070242	0,019413	
<u>Analyse de variance</u>			
Source de variation	Degrés de liberté	Somme des carrés	Carré moyen
Régression	1	155,3	155,32
Résidu	47	557,6	11,86
Pourcentage de variance expliquée : 20,1			

même temps que la salinité mais qu'au-delà elles diminuaient. Comme par ailleurs le tonnage capturé semble relié positivement à la taille de migration des crevettes (LE RESTE, 1980, 1984) il est logique de penser que la taille de migration en fonction de la salinité doit varier de la même manière que les prises. Nous avons donc envisagé une relation parabolique entre taille et salinité.

La relation est cependant mauvaise puisque la salinité ne rend compte que de 12,3 % de la variance (tabl. III).

2.2. Taille et courant

Nous avons envisagé la relation la plus simple, la relation linéaire. On constate que la relation est également mauvaise puisque le courant ne rend compte

que de 20,1 % de la variance (tabl. IV). La taille tend à augmenter quand la vitesse du courant diminue.

2.3. Taille, salinité et courant

Nous avons vu que la vitesse du courant dépend de l'onde de marée alors que la salinité dépend du climat. Les deux paramètres sont donc fondamentalement indépendants. Notre série incluant à la fois des cas où la salinité décroît vers l'amont et des cas où elle augmente, la corrélation est effectivement faible ($r = 0,40$).

Nous avons envisagé une relation parabolique entre taille et salinité et linéaire entre taille et courant. On note une bonne corrélation puisque le modèle rend compte de 68,4 % de la variance (tabl. V). L'équation qui lie la taille L_c (mm), la salinité S

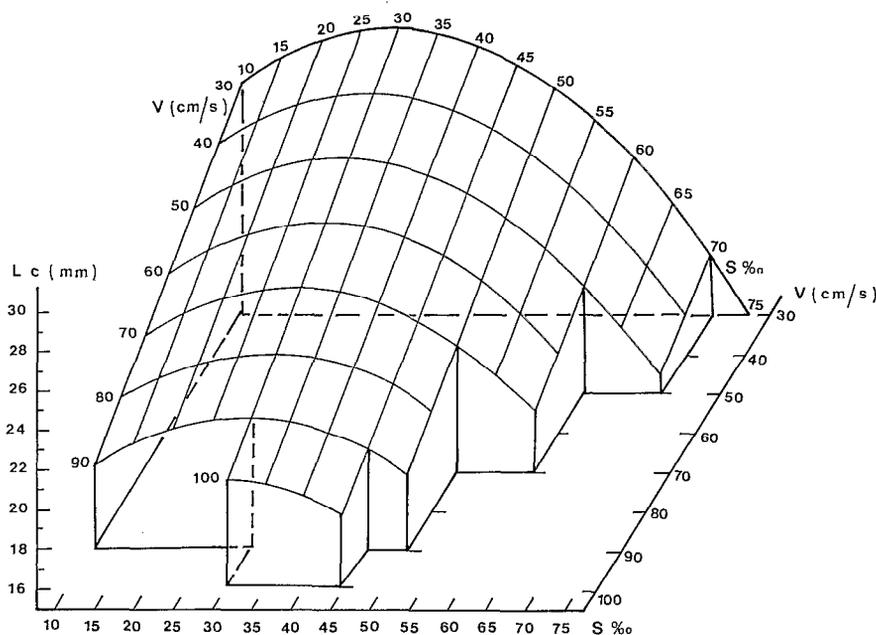


FIG. 4. — Modèle présentant la taille des crevettes (longueur céphalo-thoracique) en fonction de la vitesse du courant et de la salinité.
 Size of shrimps (carapace length) as a function of salinity and current velocity

TABLEAU V

Relation entre taille, salinité et courant
 Relationship between size, salinity and current

Coefficients de régression			
	estimation	écart type	
Constante	27,5467529	2,6154842	
Courant	- 0,1263380	0,0150620	
Salinité	0,3843000	0,1123288	
Salinité 2	- 0,0066060	0,0012999	
Analyse de variance			
Source de variation	Degrés de liberté	Somme des carrés	Carré moyen
Régression	3	482,3	160,766
Résidu	38	199,5	5,250
Pourcentage de variance expliquée : 68,4			
Distribution des résidus			
- 4 à 2 mm :	5 valeurs		
- 2 à 0	21		
0 à 2	9		
2 à 4	5		
4 à 6	1		
6 à 8	0		
8 à 10	1		

(S ‰), et la vitesse maximale du courant V (cm/s) s'écrit :

$$Lc = - 0,00661 S^2 + 0,384 S - 0,126 V + 27,5$$

Nous avons présenté dans le tableau VI et la fig. 4 les tailles calculées à l'aide du modèle pour différentes

valeurs de la salinité et de la vitesse maximale du courant. Pour une vitesse du courant donnée, la taille est maximale lorsque la salinité est égale à 29 ‰.

Sur la figure 5 nous avons présenté, pour chaque site et pour les différentes années, les valeurs obser-

TABLEAU VI

Longueur céphalothoracique (mm) en fonction de la salinité (S ‰) et de la vitesse maximum du courant de surface (cm/s) d'après le modèle

Predicted carapace length (mm) as a function of salinity (S ‰) and maximum velocity of surface current (cm/s)

V	S													
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
30	26,8	28,0	28,8	29,2	29,3	29,1	28,5	27,6	26,4	24,8	23,0	20,8	18,3	15,4
40	25,5	26,7	27,5	27,9	28,0	27,8	27,2	26,3	25,1	23,5	21,7	19,5	17,0	
50	24,3	25,5	26,3	26,7	26,8	26,6	26,0	25,1	23,9	22,3	20,5	18,3	15,8	
60	23,0	24,2	25,0	25,4	25,5	25,3	24,7	23,8	22,6	21,0	19,2			
70	21,8	23,0	23,8	24,2	24,3	24,1	23,5	22,6	21,4	19,8	18			
80	20,5	21,7	22,5	22,9	23,0	22,8	22,2	21,3	20,1					
90	19,2	20,4	21,2	21,6	21,7	21,5	20,9	20,0	18,8					
100				20,5	20,3	19,7	18,8							

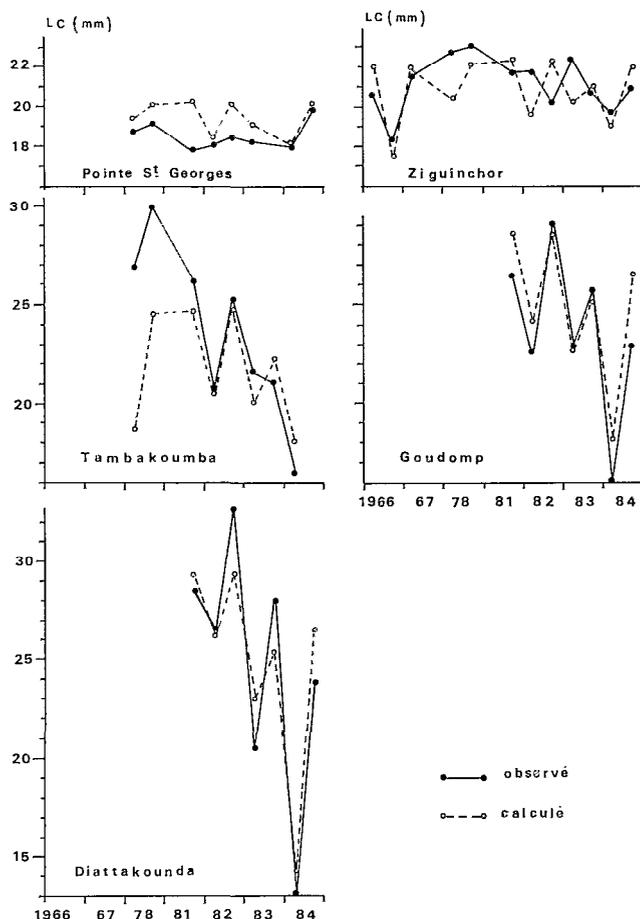


FIG. 5. — Variations de la taille observée et de la taille prédite par le modèle en différents sites. *Observed and calculated size variations at several sites*

vées et les valeurs calculées. Le très fort résidu mentionné dans le tableau V est aisément repérable sur la figure 5 et correspond à la valeur de juin 1978 à Tambakoumba. L'anomalie peut être due en partie au fait que la très forte salinité qui a été mesurée alors à Tambakoumba ne prévalait que depuis peu. La mesure, en effet, a été réalisée immédiatement après des pluies exceptionnellement fortes, les premières de la saison. L'année précédente ayant été particulièrement sèche, d'où probablement une forte sur-salure des sols exondables et de la nappe phréatique, les premières pluies ont eu pour conséquence paradoxale une augmentation brutale de la salinité qui est passée de 50 ‰ le 13 mai à 60 ‰ le 3 juin, date à laquelle les crevettes ont été mesurées. Ceci confirmerait que, indépendamment du comportement des crevettes, l'hydrologie de la Casamance, avec des volumes oscillants de flot peu différents de ceux du jusant, ne permet pas de migration rapide.

3. DISCUSSION

3.1. Action de la salinité et du courant

Le modèle indique que les facultés d'osmorégulation, aussi bien pour les fortes que pour les faibles salinités, diminuent quand la taille des crevettes augmente. Les juvéniles ont pu ainsi se développer aussi bien dans la Casamance dessalée d'il y a une vingtaine d'années que dans la Casamance sursalée actuelle.

On peut s'interroger sur l'importance effective de la vitesse du courant puisque celle-ci dépend de la distance à l'embouchure et qu'il est certain que de nombreux paramètres présentent un gradient aval-

amont. Cependant, alors que le paramètre courant évolue favorablement vers l'amont, les autres paramètres auxquels on pourrait penser, profondeur et nourriture notamment, évoluent négativement. Tous les auteurs signalent que les crevettes, en grandissant, gagnent des zones de plus en plus profondes; or la profondeur, en Casamance comme dans tous les estuaires, diminue de l'aval vers l'amont. Par ailleurs, les données disponibles pour quelques éléments de la méiofaune, dont se nourrissent les crevettes, montrent un appauvrissement à la fois quantitatif et qualitatif de l'aval vers l'amont (DEBENAY, 1984). Il est donc à peu près certain que le paramètre courant est un paramètre pertinent.

HUGUES (1969) a montré que les juvéniles de *Penaeus duorarum* présentaient, dans certaines limites de salinité, une rhéotaxie positive. Cette activité va nécessiter une certaine quantité d'oxygène, d'autant plus importante que le courant est fort, qui va s'ajouter à celle déjà nécessaire pour l'osmorégulation (RAO, 1958; KUTTY *et al.*, 1971). Or, parallèlement, il est probable, comme le pensait RUELLO (1973b) que le courant doit gêner la respiration des crevettes qui, au repos, s'enfouissent dans le sédiment, ce qui est le cas pour *P. notialis*. Chez ces crevettes, les antennules forment avec les écailles antennaires un canal par lequel circule un courant d'eau qui pénètre dans la cavité branchiale (DALL, 1958; RUELLO, 1973a); mais les deux auteurs ont observé que, de temps en temps, le courant s'inverse de manière à chasser les particules de sédiment qui obstruent le canal. Il est probable que, plus le courant est fort, plus le sédiment, vaseux, est perturbé et plus les risques d'obstruction du canal et de gêne de la respiration sont grands, affectant ainsi la fonction osmo-régulatrice.

La salinité et le courant n'agissent pas uniquement lorsque les crevettes nagent en surface dans le chenal mais également pendant la phase de croissance sur le platier, et aussi bien pendant que les crevettes sont actives que lorsqu'elles sont au repos sur le fond. Si la salinité, dans une section donnée de l'estuaire, est relativement homogène, il n'en va pas de même du courant qui diminue de la surface vers le fond et du chenal vers les berges (MILLET *et al.*, *op. cit.*). Ces variations s'ajoutant aux variations temporelles liées aux cycles de marée, on peut évidemment s'interroger sur la pertinence de notre indice. Le modèle rendant convenablement compte de la réalité on peut toutefois supposer, dans la mesure où le modèle est lui-même pertinent, que le choix de l'indice de courant l'est aussi. Cela signifierait que le rapport V_1/V_2 (V_1 étant le courant de surface dans le chenal

que nous avons mesuré et V_2 celui qu'il aurait fallu mesurer pour rendre parfaitement compte de l'action du courant) est relativement constant le long de l'estuaire.

Il n'est pas possible de dire dans quelle mesure salinité et courant affectent la vitesse de croissance et la durée de séjour en estuaire. Dans la littérature, les résultats dont on dispose, concernant la croissance des pénéides en fonction de la salinité, sont peu nombreux. Chez *Penaeus aztecus*, l'espèce la mieux étudiée, ZEIN-ELDIN et GRIFFITH (1969) n'ont pas noté d'effet de la salinité sur la croissance des postlarves et des juvéniles entre 2 et 40 ‰. VENKATARAMAIAH *et al.* (1972), en revanche, observent qu'entre 9 et 35 ‰ la croissance est meilleure pour les faibles salinités. HYSMITH *et al.* (1976) notent également qu'entre 7 et 21 ‰ la croissance diminue quand la salinité augmente. Chez *P. brasiliensis*, entre 30 et 55 ‰, les meilleures croissances sont obtenues quand la salinité est égale à 40 ‰ (ROBAINA, 1983). En Casamance, étant donné l'amplitude des variations de la salinité, on peut raisonnablement supposer qu'elle affecte à la fois croissance et durée de séjour.

3.2. Conséquences pour la pêche en Casamance

En fonction des résultats obtenus, l'estuaire peut être schématiquement découpé en trois zones :

- une zone située en aval de Ziguinchor où, bien que la salinité soit toujours relativement favorable, la taille des crevettes est toujours assez petite à cause du courant;
- une zone située entre Ziguinchor et Tambakounba où la salinité et la vitesse du courant sont toujours « moyens »; cette zone constitue le noyau de la pêche. On y trouvera rarement des crevettes de grande taille mais du moins y trouvera-t-on presque toujours des crevettes de taille commercialisable;
- une zone en amont de Tambakounba qui répond, en quelque sorte, à la loi du tout ou rien. En cas de pluviométrie trop abondante ou trop déficitaire les crevettes seront trop petites pour être commercialisées. Pour une pluviométrie moyenne (1) en revanche, on pêchera des crevettes de taille exceptionnelle pour une pêche artisanale et dont le prix au kg sera très élevé.

Depuis 1977, la pêche est interdite en aval de Ziguinchor car les crevettes qui y sont pêchées sont de petite taille. Cette réglementation a été bien adaptée à la situation, et bien acceptée par les

(1) En se référant aux pluviométries observées pendant la période d'étude.

pêcheurs, pendant plusieurs années. Le tableau VI montre cependant que si la salinité tombe à 10 ‰ ou atteint 50 ‰ à Ziguinchor, la taille des crevettes dans la zone autorisée ne dépasse plus et peut même devenir inférieure à celle des crevettes dans la zone interdite; la réglementation devient alors inadaptée.

REMERCIEMENTS

Je tiens à dire ma reconnaissance à M. F. LALOE, biologiste statisticien à l'ORSTOM, pour l'aide qu'il m'a apportée dans les calculs.

Manuscrit accepté par le Comité de Rédaction le 25 août 1987

RÉFÉRENCES

- ANONYME, 1973 à 1985. — Annuaire hydrologique. ORSTOM/Ministère de l'Hydraulique, Dakar.
- AZIZ (K. A.) and GREENWOOD (J. G.), 1981. — A laboratory investigation of temperature and salinity tolerances of juvenile *Metapenaeus bennettiae* Racek and Dall (Crustacea : penaeidae). *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, vol. 54 : 137-147.
- BONDY (E. de), 1968. — Observations sur la biologie de *Penaeus duorarum* au Sénégal. Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye, 16, 50 p.
- BRUNET-MORET (Y.), 1970. — Études hydrologiques en Casamance. ORSTOM, Paris, 52 p., 103 fig. et 104 tabl. h.-t.
- CROSNIER (A.) et BONDY (E. de), 1967. — Les crevettes commercialisables de la côte ouest de l'Afrique intertropicale. *Initiations / Documentations techniques ORSTOM*, 7, 70 p.
- DALL (W.), 1958. — Observations on the biology of the greentail prawn, *Metapenaeus mastersii* (Haswell) (Crustacea Decapoda : Penaeidae) *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 9 (1) : 111-134.
- DALL (W.), 1980. — Osmoregulatory ability and juvenile habitat preference in some penaeid prawns. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* vol. 54 : 55-64.
- DEBENAY (J. P.), 1984. — Distribution écologique de la microfaune benthique dans un milieu hyperhalin : les foraminifères du fleuve Casamance (Sénégal). Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye, 95, 16 p + 1 tabl. + 1 pl. h.-t.
- GALOIS (R.), 1975. — Biologie, écologie et dynamique de la phase lagunaire de *Penaeus duorarum* en Côte d'Ivoire. Thèse 3^e cycle, Univ., Aix-Marseille II, 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.
- HUGUES (D. A.), 1969. — Responses to salinity change as a tidal transport mechanism of pink shrimp, *Penaeus duorarum*. *Biol. Bull. Mar. Biol. Lab. Woods Hole*, 136 : 43-53.
- HYSMITH (B. T.) and COLURA (R. L.), 1976. — Effect of salinity on growth and survival of penaeid shrimp in ponds. *Proc. World Mar. Soc.*, 7 : 289-309.
- KUTTY (M. N.), MURUGAPOOPATHY (G.) and KRISHNAN (T. S.), 1971. — Influence of salinity and temperature on the oxygen consumption in young juveniles of the Indian prawn *Penaeus indicus*. *Marine Biology*, 11 : 125-131.
- LE RESTE (L.), 1978. — Biologie d'une population de crevettes *Penaeus indicus* H. Milne Edwards sur la côte nord-ouest de Madagascar. *Trav. Doc. ORSTOM*, 99 : 291 pp.
- LE RESTE (L.), 1980. — The relation of rainfall to the production of the penaeid shrimp (*Penaeus duorarum*) in the Casamance estuary (Senegal). *Tropical Ecology and Development*, 1980 : 1169-1173.
- LE RESTE (L.), 1982. — Variations spatio-temporelles de l'abondance et de la taille de la crevette *Penaeus notialis* en Casamance (Sénégal). *Oceanologica Acta*, vol. sp., suppl. vol. 4 : 327-332.
- LE RESTE (L.), 1984. — Étude des variations annuelles de la production de crevettes dans l'estuaire de la Casamance (Sénégal). *Étud. Rev. CGPM*, 61 (1) : 253-269.
- LE RESTE (L.) et ODINETZ (O.), 1984. — La pêche crevetteière dans l'estuaire de la Casamance en 1984. *Arch. Cent. Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, 129, 11 p.
- LE RESTE (L.) et COLLART-ODINETZ (O.), 1987. — Étude des déplacements de crevettes dans l'estuaire de la Casamance (Sénégal). *Rev. Hydrobiol. trop.* 20 (3-4) : 271-277.
- L'HOMME (F.), 1981. — Biologie et dynamique de *Penaeus notialis* (Perez-Farfante, 1967) au Sénégal. Thèse de Doctorat. Université de Paris VI, 248 p.
- MAIR (J. Mc. D.), 1980. — Salinity and water-type preferences of four species of postlarval shrimp (*Penaeus*) from West Mexico. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 45 : 69-82.
- McFARLAND (W. N.) and LEE (B. D.), 1963. — Osmotic and ionic concentrations of penaeidean shrimps of the Texas coast. *Bull. mar. Sci. Gulf. Caribb.*, 13 (3) : 391-417.
- MILLET (B.), OLIVRY (J. C.) et LE TROQUER (Y.), 1986. — Étude du fonctionnement hydrologique de la Casamance maritime. In Le Reste L., Fontana A. et Samba A. (eds). L'estuaire de la Casamance : environnement, pêche, socio-économie. ISRA/CRODT, Dakar : 23-36.

- MONOD (T.), 1966. — Crevettes et crabes de la côte occidentale d'Afrique. *Mém. IFAN*, 77 : 103-234, 26 pl.
- PANIKKAR (N. K.), 1969. — Osmotic behaviour of shrimps and prawns in relation to their biology and culture. *FAO Fish. Rep.*, 57 (2) : 527-538.
- 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.
- PULLEN (E. J.) and TRENT (L.), 1969. — White shrimp emigration in relation to size, sex, temperature and salinity. *FAO Fish. Rep.*, 57 (3) : 1001-1014.
- RAO (K. P.), 1958. — Oxygen consumption as a function of size and salinity in *Metapenaeus monoceros* Fab. from marine and brackish-water environments. *J. exp. Biol.*, 35 : 307-313.
- ROBAINA (G. O.), 1983. — Efectos de la salinidad y la temperatura en la sobrevivencia del camarón *Penaeus brasiliensis* Latreille (Crustacea, Decapoda, Penaeidea). *Rev. Lat. Acuic. Lima. Perú*, 17 : 25-37.
- RUELLO (N. V.), 1973a. — Burrowing, feeding and spatial distribution of the school prawn *Metapenaeus macleayi* (Haswell) in the Hunter River region (Australia). *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 13 : 187-204.
- RUELLO (N. V.), 1973b. — The influence of rainfall on the distribution and abundance of the school prawn *Metapenaeus macleayi* in the Hunter River Region (Australia). *Marine Biology*, 23 : 221-228.
- STAPLES (D. J.), 1980. — Ecology of juvenile and adolescent banana prawns, *Penaeus merguensis*, in a mangrove estuary and adjacent off shore area of the gulf of Carpentaria. II. Emigration, population structure and growth of juveniles. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 31 : 653-665.
- VENKATARAMAIAH (A.), LAKSHMI (G. J.) and GUNTER (G.), 1972. — The effects of salinity, temperature and feeding levels on the food conversion, growth and survival rates of the shrimp *Penaeus aztecus*. In Proceedings third Food Drugs from the Sea Conference Marine Technology Society : 29-42.
- WIESEPAPE (L. M.), ALDRICH (D. V.) and STRAWN (K.), 1972. — Effects of temperature and salinity on thermal death in postlarval brown shrimp, *Penaeus aztecus*. *Physiol. Zool.*, 45 (1) : 22-33.
- WILLIAMS (A. B.), 1960. — The influence of temperature on osmotic regulation in two species of estuarine shrimps (*Penaeus*). *Biological Bulletin*, 119 (3) : 560-571.
- ZEIN-ELDIN (Z. P.) and GRIFFITH (G. W.), 1969. — An appraisal of the effects of salinity and temperature on growth and survival of postlarval penaeids. *FAO Fish. Rep.*, 57 (3) : 1015-1026.