

Biologie et pêche traditionnelle des crevettes pénéides dans l'embouchure d'un fleuve en milieu semi-aride (sud-ouest de Madagascar)

Crevettes pénéides
Estuaire
Madagascar
Pêcherie
Dynamique de population

Penaeid shrimp
Estuary
Madagascar
Fishery
Population dynamics

Jean LAROCHE ^{a, b}, BENOELY ^a et André SIAVIRI ^a

^a Institut Halieutique et des Sciences Marines, BP 141, Tuléar, Madagascar.

^b Laboratoire de Biologie Animale et Ecologie, Université Claude Bernard Lyon I, 43, boulevard du 11 Novembre 1918, 69622 Villeurbanne Cedex - France (URA CNRS 1451).

Reçu le 02/03/95, révisé le 16/08/95, accepté le 07/09/95.

RÉSUMÉ

La pêche traditionnelle à la senne de plage a été suivie durant un an, dans l'embouchure de l'Onilahy. Les captures/efforts ont été relevés journalièrement alors que l'échantillonnage biologique et la mesure des paramètres hydrologiques ont été effectués bimensuellement. Le climat semi-aride de la région se traduit sur l'année au niveau de l'estuaire par des écarts de salinité et de température modérés ($14 < \text{salinité} < 35$; $25 \text{ °C} < \text{température} < 30 \text{ °C}$).

Quatre espèces de pénéides sont observées sur l'Onilahy, *Metapenaeus monoceros*, *Penaeus indicus*, *Penaeus monodon* et *Penaeus japonicus*, essentiellement capturées au stade subadulte/adulte avec des longueurs céphalothoraciques comprises entre 10 et 50 mm. La présence de ces tailles importantes dans l'embouchure associée au fait qu'aucune crevette femelle mature n'a été observée dans les captures signifie qu'une partie de la population tend à prolonger son séjour dans l'estuaire. Les paramètres de croissance ont pu être estimés pour *M. monoceros* et *P. indicus*, et il apparaît, notamment pour *P. indicus*, que la croissance en estuaire est supérieure à celle observée en mer. Contrairement aux zones tropicales humides, la dessalure est limitée en climat semi-aride et joue un rôle négligeable comme facteur d'émigration des pénéides vers le large. Il existe par contre une liaison assez nette entre l'émigration vers le large et la baisse de température, la disparition des grandes tailles sur l'embouchure se faisant au cours de la transition automne/hiver. Au niveau de l'estuaire de l'Onilahy, on peut mettre en évidence un partage des ressources dans le temps pour les quatre espèces de pénéides qui conduit à une réduction de la compétition interspécifique.

La production de la pêche traditionnelle sur l'estuaire a été estimée à 220 tonnes de crevettes par an, avec une capture par unité d'effort de 15 à 22 kg/senne/sortie.

ABSTRACT

Biology and traditional fishing of penaeid shrimps at the mouth of a river in a semiarid area (Southwest Madagascar).

Traditional fishing using beach seines was studied over a period of one year at the mouth of the Onilahy river. The catches/efforts were recorded on a daily basis, biological sampling and the measurement of hydrological parameters being carried out twice a month. The moderate variations of salinity and temperature ($14 < \text{salinity} < 35$; $25 \text{ °C} < \text{temperature} < 30 \text{ °C}$) which were observed in the estuary can be explained by the semiarid climate of the area.

Four species of penaeid shrimps are to be found on the Onilahy: *Metapenaeus monoceros*, *Penaeus indicus*, *Penaeus monodon* and *Penaeus japonicus*, which were mainly caught at the subadult/adult stage with a carapace length between 10 and 50 mm. The presence of these important sizes at the mouth of the river, associated with the fact that no mature female shrimps were observed in the catches, means that part of the population tends to extend its stay in the estuary. Growth parameters were estimated for *M. monoceros* and *P. indicus*, and the growth in the estuary appears to be faster than that observed at sea, especially for *P. indicus*. In contrast with what is observed in wet tropical areas, the decline in salinity is limited in semiarid climates and is thus not a major factor in the emigration of the shrimps towards the open sea. On the other hand, there is a rather precise link between emigration towards the open sea and falling temperature: important sizes disappear from the river mouth during the transition between autumn and winter. In the estuary of the Onilahy, a temporal partitioning of resources for the four species of penaeid, leading to a reduction of interspecific competition, can be underscored.

The traditional fishing yield in the estuary was estimated at 220 metric tons of shrimps per annum, with a catch per unit effort of 15 to 22 kg/seine/trip.

Oceanologica Acta, 1995, 18, 6, 659-670.

INTRODUCTION

Les recherches sur les crevettes pénéides de Madagascar ont toutes été menées dans le Nord-Ouest de l'île, région caractérisée par son climat tropical humide, des baies peu profondes bordées de mangroves et présentant des conditions très favorables au développement des crevettes côtières. La pêche industrielle au chalut sur les pénéides a démarré dans cette région en 1966 et connaît depuis un développement incessant; le niveau des captures serait proche aujourd'hui du maximum exploitable (Marcille, 1978; OISO/CNRO, 1989). Des études biologiques ont été menées sur les deux principales espèces-cibles de la pêche: *Penaeus indicus* et *Metapenaeus monoceros* (Le Reste et Marcille, 1976; Le Reste, 1978). La pêche traditionnelle aux barrages côtiers et à la senne de plage est très active dans la région; elle a cependant été étudiée de façon assez sommaire, la difficulté étant liée à la multiplicité des sites de débarquements et donc à l'imprécision des estimations de production (Rabarison, 1989; Rafalimanana, 1990). La crevetticulture a démarré dans cette région du Nord-Ouest avec le projet pilote de Nosy Be en 1989 et devient aujourd'hui une réalité (Avalle, 1991).

Le Sud-Ouest de Madagascar et particulièrement la région située au sud de Tuléar est caractérisée par l'aridité de son climat ainsi que par un plateau continental étroit non propice au chalutage. L'estuaire de l'Onilahy (25 km au sud de la ville de Tuléar) représente le centre de production majeur de la pêche traditionnelle crevettière de la région avec essentiellement des captures de grandes tailles (subadultes/adultes) inhabituelles en milieu estuarien. On se propose d'estimer ici la durée de la phase estuarienne du cycle des crevettes pénéides de l'Onilahy, de mettre en évidence le facteur prépondérant dans la migration des crevettes vers la mer et enfin d'étudier le système pêche traditionnelle associé à ce système estuarien.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le milieu

Le climat de la région de Tuléar est de type semi-aride avec des précipitations généralement inférieures à 500 mm par an. La période d'avril à octobre est particulièrement sèche et 80 % des précipitations sont observées durant la saison humide de novembre à mars (Salomon, 1986).

Si l'on compare la pluviométrie moyenne mensuelle sur Tuléar calculée sur la période 1950-1991 avec la pluviométrie observée sur la période d'échantillonnage (mai 1990 - avril 1991) (fig. 1), on constate que l'année d'échantillonnage est une année particulièrement aride avec 288 mm par rapport à une moyenne de 432 mm par an.

Sur la région on peut globalement définir deux saisons: une saison fraîche et sèche de mai à octobre et une saison chaude et humide de novembre à avril. Cela se traduit sur la courbe de températures de surface des eaux côtières de Tuléar (fig. 2) par un minimum à 22 °C en juillet et un maximum à 29 °C en février.

Le bassin-versant de l'Onilahy est de 30 000 km² pour une longueur de 400 km. L'Onilahy est un fleuve pérenne, il présente un régime hydrologique simple avec un maximum hydrologique lié au maximum pluviométrique; son débit d'étiage est de l'ordre de 10 m³/s contre 1 000 m³/s au moment des grandes crues (Lebigre, 1990). Notons qu'à l'Est du bassin, le climat est de type sub-humide avec une pluviométrie annuelle de 1000 mm; la modération des débits de crues est vraisemblablement liée à une atténuation des crues au passage de zones karstiques (Chaperon *et al.*, 1993). Ces observations sur l'Onilahy peuvent être comparées avec le régime hydrologique de type tropical humide du Nord-Ouest de Madagascar où un fleuve type comme le Sambirano avec un bassin-versant de 2980 km² pour une longueur de 120 km, présente des débits mini-

Figure 1

Moyenne mensuelle de la pluviométrie à Tuléar (1950-1991), pluviométrie à Tuléar et salinité de surface de l'Onilahy durant l'année d'échantillonnage (1990-1991).

Monthly average of pluviometry in Tulear (1950-1991), pluviometry in Tulear and surface salinity of the Onilahy estuary during the year of sampling (1990-1991).

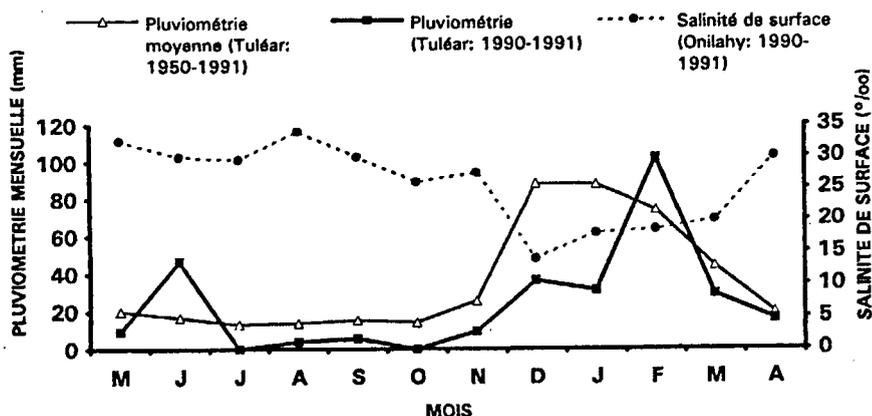
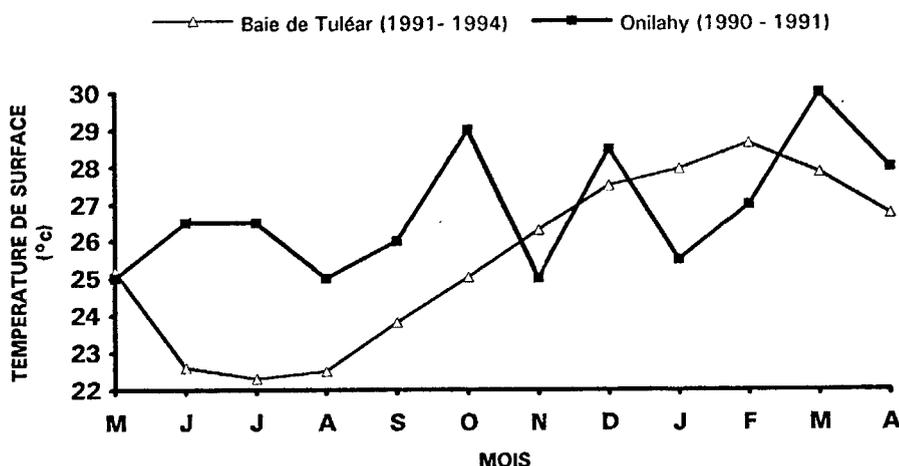


Figure 2

Moyenne mensuelle de la température de surface de la baie de Tuléar (1991-1994) et température de surface de l'Onilahy durant l'année d'échantillonnage (1990-1991).

Monthly averages of surface temperature in the Tulear bay (1991-1994) and surface temperature in the Onilahy estuary during the year of sampling (1990-1991).



de juillet à novembre tombant jusqu'à 5 m³/s et des débits maximum en janvier-février-mars pouvant atteindre 1 780 m³/s (Piton et Magnier, 1971).

Le fleuve Onilahy se prolonge sur le talus continental par un canyon sous-marin (fig. 3) qui débute devant le village de Saint Augustin (-100 m) et atteint -1025 m à une dizaine de kilomètres au large de l'embouchure (Lebigre, 1990). Deux formations de mangrove sont présentes dans l'estuaire, une sur la rive droite présentant une forte dégradation due à l'exploitation par les villageois et une autre bien développée sur la rive gauche.

Pêche traditionnelle et échantillonnage

Deux villages de pêcheurs sont présents dans l'estuaire: Lovokampy et Saint Augustin, la pêche à la senne de plage se pratiquant essentiellement devant le village de Lovokampy à partir d'une plage de 850 m, sur des fonds de 2 à 8 m (fig. 3).

La senne de plage est généralement constituée de fil en polyamide ou parfois de fil de pneu considéré comme très résistant. La longueur totale de l'engin est d'environ 300 m, avec du centre vers l'extrémité des ailes trois maillages successifs rencontrés environ tous les 50 m (maille étirée: 20 mm,

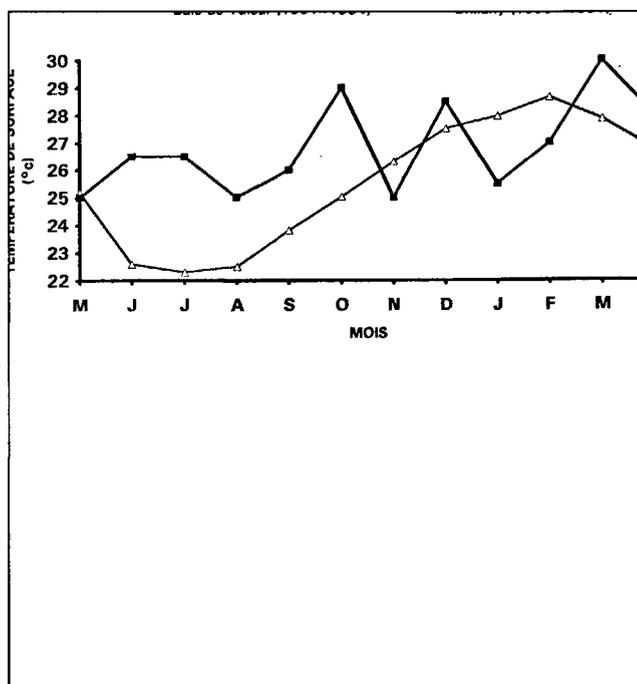


Figure 3

Estuaire de l'Onilahy : 1- mangrove; 2- zone de pêche.

Estuary of the Onilahy river : 1- mangrove; 2- fishing area.

30 mm, 45 mm). La chute dans la partie centrale de la senne atteint 3,5 m. Toutes les sennes sont équipées d'une poche en toile moustiquaire. Les cordes de halage mesurent environ 500 m. Le mouillage est effectué par une pirogue (monoxyle à balancier de 5 à 6 m de long) partant du rivage.

Les marées de la région sont de type semi-diurne avec un marnage variant de 2 à 4 m. La pêche à la senne se pratique en conséquence à partir de la deuxième à troisième heure de marée descendante jusqu'au début de la marée montante, surtout en périodes de fortes-eaux. Sur la plage de Lovokampy, on a pu relever jusqu'à une vingtaine de sennes simultanément au travail, côte à côte et parfois même sur deux rangs.

L'échantillonnage sur l'Onilahy a été conduit de mai 1990 à avril 1991. Un enquêteur résidant à Saint Augustin a relevé sur une base journalière l'effort de pêche de jour (le nombre de pirogues munies de sennes sorties en mer par jour) ainsi que la capture totale (le nombre total de paniers de crevettes débarqués par jour; un panier représentant en moyenne 14 kg de crevettes). Les données de capture/effort pour la pêche de nuit n'ont pu être relevées que sporadiquement en raison des difficultés liées au terrain et notamment de l'absence totale d'éclairage public.

Bimensuellement, le relevé des paramètres hydrologiques et l'échantillonnage biologique ont été effectués dans l'estuaire. Sur les lieux de pêche, la mesure de la température et de la salinité de surface est réalisée avec un thermosalinomètre portatif YSI Model 33, à marée descendante, dans l'intervalle de temps compris entre trois heures et quelques minutes avant l'étalement de basse mer.

L'échantillonnage biologique est pratiqué en sélectionnant au hasard un ou plusieurs paniers suivant les quantités capturées, ceci au débarquement avant le passage des mareyeurs. Les pêcheurs en fin de pêche se contentent en effet d'amasser leurs captures dans les paniers sans tri préalable, en fonction de l'espèce ou de la taille. L'enquêteur classe ensuite par espèce et par sexe les captures. La longueur céphalothoracique (L_c) de chaque individu est mesurée au pied à coulisse au millimètre près. Les captures de petites tailles ($7 < L_c < 11$ mm) où l'espèce est difficilement identifiable à l'œil nu ont été regroupées sous le terme « juvéniles ».

Traitement des données

Pour les espèces les plus communes dans les captures, une étude de la croissance a été réalisée à partir des données de fréquences de taille. L'essentiel de nos prises est constitué d'animaux aux stades subadulte et adulte pour lesquels le modèle de croissance de von Bertalanffy est bien approprié (Le Reste, 1981; Garcia, 1985). Un premier essai pour déterminer les paramètres de croissance a été tenté avec la méthode de Bhattacharya suivie de la méthode des progressions modales: Logiciel LFSA (Sparre, 1987). Ces méthodes se sont révélées difficilement applicables sur nos données de par le caractère très subjectif de la première méthode.

Dans la bibliographie, d'autres méthodes ont été utilisées pour étudier la croissance des pénéides telles MIX (Benfield *et al.*, 1990; Haywood et Staples, 1993) et MULTIFAN

(Baelde, 1994) qui permettent de discriminer les modes dans les distributions de fréquences de taille et aussi pour MULTIFAN d'estimer les paramètres de croissance de von Bertalanffy. Ces méthodes sont peu applicables sur nos données car elles impliquent au départ la saisie d'un certain nombre de paramètres d'entrée (le nombre de composantes de la distribution, les longueurs moyennes et les proportions de ces composantes...) difficilement estimables sans études préalables ou sans un prétraitement efficace des données avec Batthacharya.

La croissance des crevettes sur l'Onilahy a été étudiée en testant trois méthodes: SLCA (Shepherd's Length Composition Analysis. Shepherd, 1987), PROJMAT (Projection Matrix Method. Basson *et al.*, 1988) et ELEFAN (Pauly, 1987) avec le logiciel LFDA (1992). Le principe de ces techniques est simple: à partir d'une série de paramètres de croissance et de l'équation de croissance de von Bertalanffy, un index de coïncidence est calculé entre les modes observés sur les distributions de fréquences de taille et les modes obtenus par le calcul, cet index permettant de quantifier la qualité de l'ajustement. Les conditions d'utilisation de ces méthodes sont les suivantes: les échantillons doivent être représentatifs de la population, l'espèce étudiée doit suivre le modèle de croissance de von Bertalanffy et le recrutement se manifeste sous la forme de pics saisonniers (Isaac, 1990). Ces trois méthodes présentent l'avantage de ne pas nécessiter l'estimation du nombre et de la position des modes comme paramètres d'entrée. Dans sa version actuelle, LFDA ne permet pas de calculer l'intervalle de confiance sur les paramètres estimés de l'équation de croissance, K et L_∞ .

RÉSULTATS

Paramètres hydrologiques

La température des eaux de surface de l'Onilahy varie modérément sur l'année de 25 à 30 °C (fig. 2). La variation saisonnière est nettement moins marquée pour l'estuaire que pour les eaux de la baie de Tuléar (22 à 29 °C). Il est donc probable que les variations de température liées à l'ensoleillement soient importantes sur l'Onilahy comme cela a été constaté dans l'estuaire de l'Ambazoana au Nord-Ouest de Madagascar (Le Reste, 1970). D'après nos premières expériences la température au niveau du fond dans l'estuaire est inférieure en moyenne de 2 °C par rapport à la surface.

L'évolution de la salinité de surface de l'Onilahy est très liée au régime des pluies (fig. 1). On remarque une salinité forte de 25 à 35 de mai à novembre et en avril, et une salinité relativement basse de 14 à 20 de décembre à mars, les mois les plus pluvieux de l'année. Sur l'Onilahy, la salinité de fond est en moyenne supérieure à celle de surface de 1 à 3 unités. Le climat semi-aride de la région de Tuléar entraîne un débit relativement faible de l'Onilahy et donc une baisse modérée de la salinité, quatre mois par an.

Par comparaison avec le Sud-Ouest de Madagascar, le Nord-Ouest présente des conditions hydro-climatiques notablement différentes. Les températures des eaux sont

plus élevées dans le Nord-Ouest mais présentent des écarts thermiques globalement plus faibles. Ces écarts sont de 4 °C pour les eaux de la baie d'Ambaro (27 °C en juillet à 31 °C en février, mesures faites à 3 m de profondeur) et de 3,6 °C pour les eaux de surface estuariennes (28,9 °C en août pour 32,5 °C en novembre) (Le Reste, 1978). Dans le Nord-Ouest, la saison des pluies est bien marquée et conduit à une forte baisse de la salinité de janvier à mai dans les estuaires ($5 < S < 15$) (Le Reste, 1978). Notons que le comparatif entre les estuaires Nord-Ouest et Sud-Ouest est d'autant plus intéressant que les mesures de températures et salinités ont été effectuées dans les mêmes conditions de basses mers pour les deux secteurs.

Composition faunistique des captures

Les pourcentages par espèce ont été calculés sur l'année d'échantillonnage à partir des effectifs. Quatre espèces de pénéides sont observées sur l'Onilahy: *Metapenaeus monoceros* (39 %), *Penaeus indicus* (25 %), *Penaeus monodon* (18 %) et *Penaeus japonicus* (15 %). Les juvéniles, toutes espèces confondues, représentent 3 % des prises. Ces quatre espèces de pénéides côtières présentent le cycle biologique classiquement décrit dans la bibliographie: ponte des adultes en mer, immigration des post-larves vers les estuaires et croissance jusqu'au stade juvénile/subadulte, émigration vers la pleine mer (Garcia et Le Reste, 1981).

L'évolution mensuelle du pourcentage des captures par espèce (fig. 4) présente une nette tendance saisonnière pour *M. monoceros* et *P. indicus*. *M. monoceros* est dominante durant la saison fraîche et sèche (40 à 60 % des captures); elle diminue ensuite à la saison chaude et humide (20 à 30 %). *P. indicus* présente par contre un schéma inverse; elle constitue 15 à 20 % des captures en saison fraîche puis son abondance relative augmente progressivement à la saison chaude pour atteindre un maximum en mars-avril (40 à 50 %). On peut émettre l'hypothèse que pour *M. monoceros*, les animaux présents dans l'estuaire en saison chaude sont issus de recrutements d'intensité nettement plus faible par rapport aux recrutements des animaux présents dans l'embouchure en saison froide; le raisonnement étant inversé pour *P. indicus*. Ceci confirmerait le décalage des cycles biologiques de ces deux espèces (Le Reste et Marcille, 1976; Le Reste, 1978; Laroche et Tsimikasa, 1993).

P. japonicus est apparemment mieux représentée durant l'intersaison (octobre-novembre) avec un taux de 30% dans les captures (fig. 4). Cette espèce paraît inféodée aux fonds sableux et aux eaux claires (Marcille, 1978; Forbes et Benfield, 1986a). Les fonds de pêche sur l'Onilahy étant de type vaseux ou sablo-vaseux et présentant des eaux particulièrement turbides, on peut supposer que cette espèce ne trouve pas dans l'embouchure les conditions optimales pour son développement, ce qui expliquerait son abondance relativement faible dans les captures.

P. monodon apparaît en proportion relativement constante pendant l'année et représente en moyenne 18% des captures (fig. 4). Cette espèce a été relativement peu étudiée dans le milieu naturel. Elle est largement répandue dans l'Indo-Pacifique mais ne semble pas y dépasser 10 % des captures (Forbes et Benfield, 1986b). Son recrutement continu toute l'année (Forbes et Cyrus, 1991) et le fait que cette espèce n'est abondante que par petits fonds et au voisinage des embouchures de rivières (Marcille, 1978) pourraient expliquer sa fréquence constante sur l'Onilahy quelle que soit la saison.

Les juvéniles n'ont pu être séparés par espèce sur le terrain. Ils représentent 18 à 20 % des captures en novembre et décembre. D'après les témoignages unanimes des pêcheurs, il semblerait qu'au cours des années moins arides, les juvéniles soient capturés plus régulièrement à la senne au cours de la saison des pluies, particulièrement de novembre à février.

Analyse des fréquences de taille

Les données de fréquences de taille ont été regroupées par mois et on a en conséquence attribué à chaque échantillon mensuel une date moyenne. A partir des histogrammes de fréquences de taille de *M. monoceros* mâle et femelle (figs. 5a et 5b), on constate que Lc varie de 10 à 32 mm pour les mâles et de 10 à 41 mm pour les femelles. Les *M. monoceros*, comme d'ailleurs les autres espèces de pénéides, sont capturées dans l'embouchure de l'Onilahy essentiellement au stade subadulte et adulte. Alors que la taille moyenne de maturité sexuelle en mer est de 24 mm de Lc pour les *M. monoceros* femelles (Le Reste et Marcille, 1976), aucune femelle sexuellement mature de cette espèce

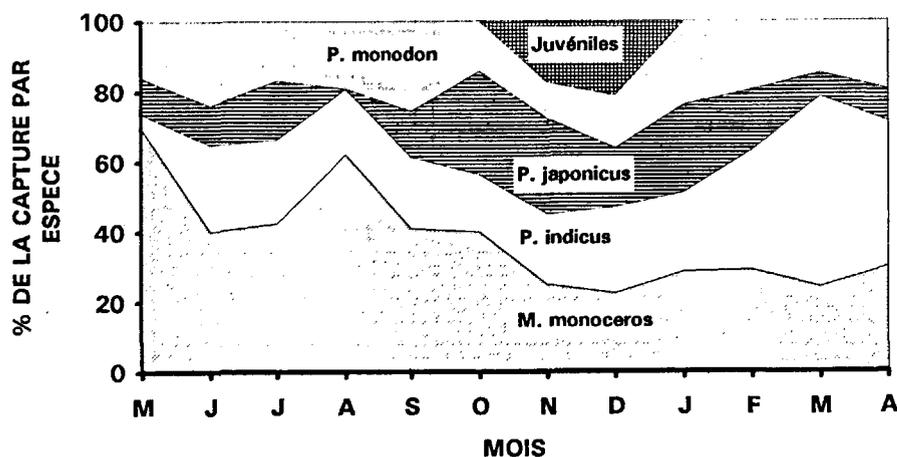


Figure 4

Évolution du pourcentage de la capture par espèce sur l'Onilahy.

Evolution of the percentage of catches by species in the Onilahy estuary.

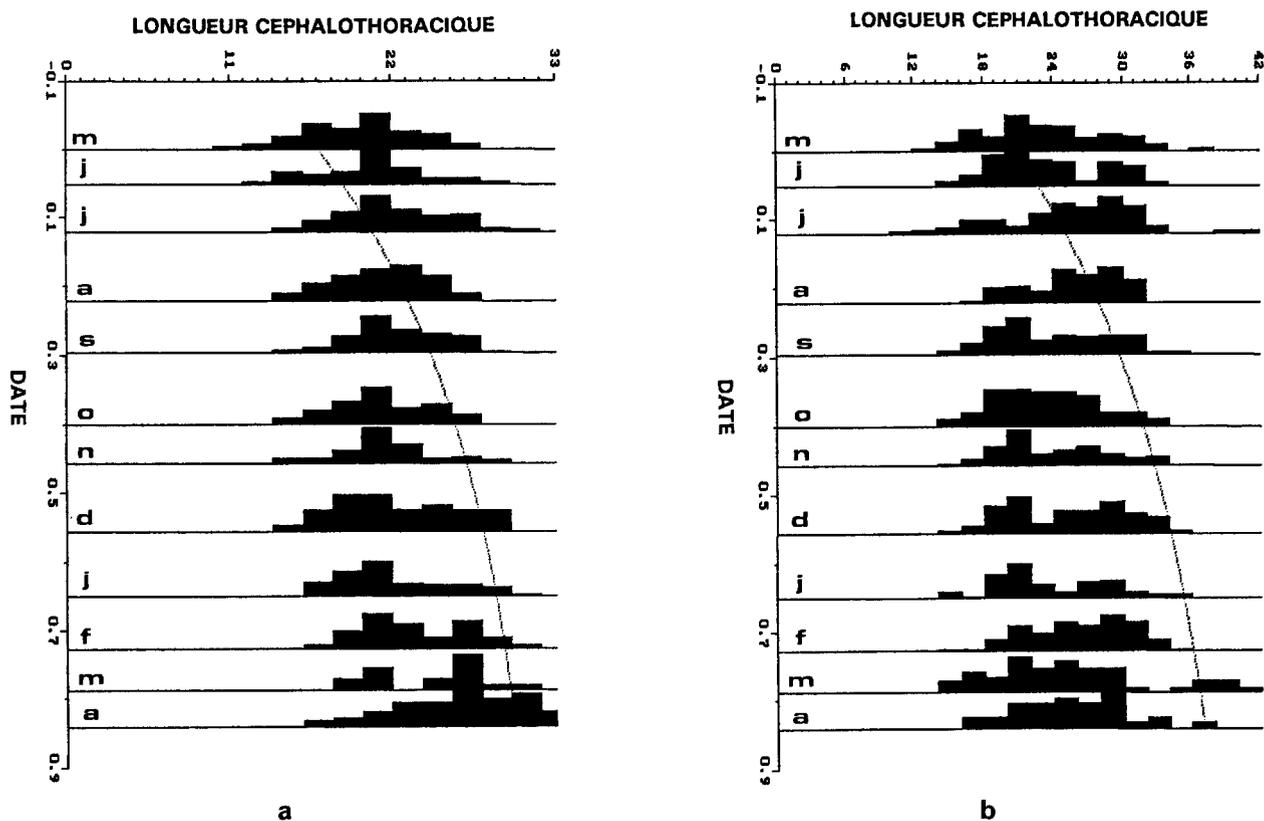


Figure 5
 Histogrammes des fréquences de taille et ajustement avec une courbe de croissance de Von Bertalanffy pour les *M. monoceros* mâles (a) et pour les *M. monoceros* femelles (b).

Fitted growth curve for male of *M. monoceros* (a) and for female of *M. monoceros* (b) vs length frequency histograms.

n'a été capturée dans l'embouchure; ce phénomène a d'ailleurs été vérifié pour les autres espèces de pénéides de l'Onilahy.

Les histogrammes (figs. 5a et 5b) paraissent complexes et il est très délicat de détecter à l'œil nu les progressions modales. L'évolution sur l'année des histogrammes est cependant relativement comparable pour les deux sexes. Le recrutement paraît continu sur l'année avec cependant un pic au début de la saison fraîche en mai-juin-juillet (10 < Lc < 17 mm). Les grandes tailles sont par contre essentiellement présentes en saison chaude de décembre à avril (Lc > 28 mm pour les mâles. Lc > 32 mm pour les femelles) et disparaissent de juillet à août.

ELEFAN est la seule méthode qui permette un ajustement correct de la courbe de croissance avec les données de fréquences de taille pour *M. monoceros*. Elle fournit les résultats suivants (ESP/ASP représente ici un index de la qualité de l'ajustement):

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| - mâles de <i>M. monoceros</i> | - femelles de <i>M. monoceros</i> |
| K = 2,25 /an | K = 1,93 /an |
| Lc _∞ = 32,56 mm | Lc _∞ = 41 mm |
| ESP/ASP = 0,409 | ESP/ASP = 0,171 |

Dans la bibliographie on constate que des ajustements corrects sont obtenus pour des valeurs de ESP/ASP variant de 0,16 à 1 et que des valeurs supérieures à 0,40 mettent généralement en évidence la bonne qualité de l'ajustement (Mathews *et al.*, 1987; Pauly, 1987; Isaac, 1990). Les

courbes de croissance résultantes pour *M. monoceros* ont été tracées sur les histogrammes (figs. 5a et 5b).

Pour *P. indicus*, les fréquences de taille présentent également une évolution comparable pour les mâles et les femelles (figs. 6a et 6b). Le recrutement de jeunes individus (14 < Lc < 18 mm) se fait essentiellement pour cette espèce de juin à décembre. Les grandes tailles sont observées dans l'estuaire particulièrement de février à mai (Lc > 29 mm pour les mâles et Lc > 36 mm pour les femelles) et disparaissent brutalement de mai à juin.

L'estimation des paramètres de croissance a été optimisée par la méthode SLCA pour les mâles et ELEFAN pour les femelles avec les résultats suivants (S représente ici l'index de la qualité de l'ajustement pour SLCA) :

- | | |
|------------------------------|---------------------------------|
| - mâles de <i>P. indicus</i> | - femelles de <i>P. indicus</i> |
| K = 1,75 /an | K = 1,49 /an |
| Lc _∞ = 43,48 mm | Lc _∞ = 55,24 mm |
| S = 75,51 | ESP/ASP = 0,258 |

Les valeurs de l'index S supérieures à 60 mettent en évidence une bonne qualité de l'ajustement de la courbe de croissance avec les données de fréquences de taille pour la méthode SLCA (Isaac, 1990).

Pour *M. monoceros* comme pour *P. indicus*, nous ne pouvons déterminer avec précision t₀ car nous ne connaissons aucun couple de données (longueur, âge). Les tailles approximatives de ces deux espèces ont été grossièrement estimées par mois, en assimilant le temps t pour lequel L(t)

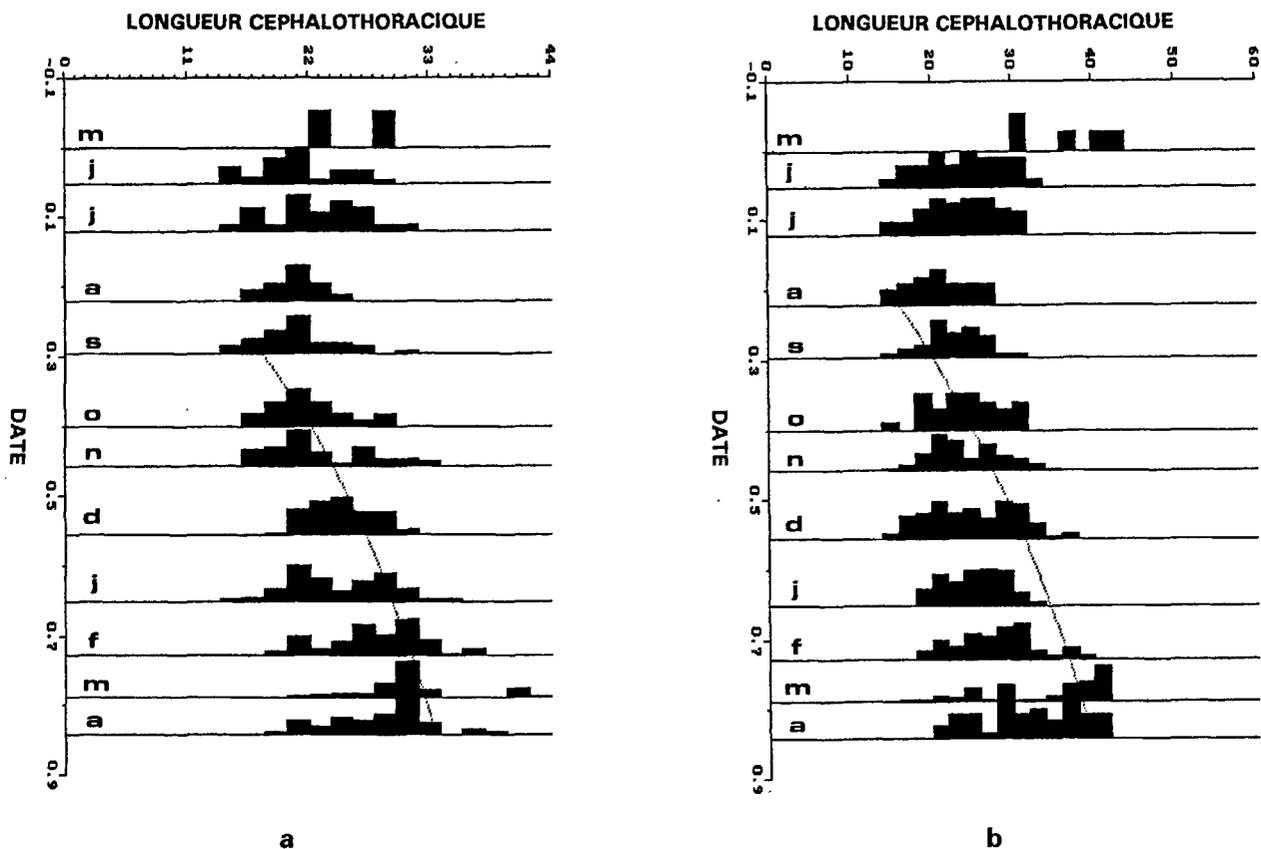


Figure 6

Histogrammes des fréquences de taille et ajustement avec une courbe de croissance de Von Bertalanffy pour les *P. indicus* mâles (a) et pour les *P. indicus* femelles (b).

Fitted growth curve for male of *P. indicus* (a) and for female of *P. indicus* (b) vs length frequency histograms.

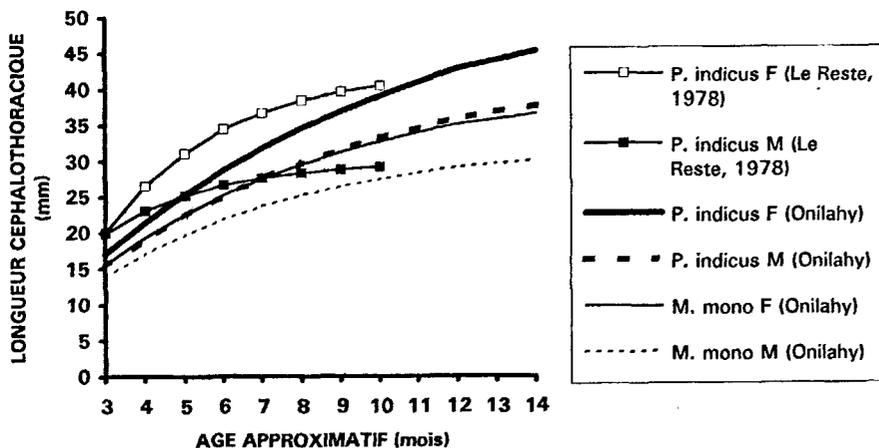


Figure 7

Comparaison des courbes de croissance estimées sur l'estuaire de l'Onilahy avec celles estimées en pleine mer (Le Reste, 1978).

Comparison of estimated growth curves in the Onilahy estuary with estimates for the open sea (Le Reste, 1978).

= 0 à la date de naissance de la cohorte (fig. 7). Les résultats obtenus pour *M. monoceros* et *P. indicus* sur l'Onilahy ont été superposés avec les résultats obtenus par Le Reste (1978) sur *P. indicus* dans la Baie d'Ambaro. On constate (fig. 7) que la croissance des femelles est toujours supérieure à celle des mâles pour les deux espèces et que *P. indicus* présente une croissance supérieure à celle de *M. monoceros*. *P. indicus* paraît d'autre part présenter des possibilités de croissance supérieure en estuaire par rapport à la pleine mer, ce qui confirme les observations de Le

Reste (1981) sur une croissance accélérée de *P. notialis* dans l'estuaire de la Casamance par rapport au large du Sénégal, à taille identique.

Pour *P. indicus*, les Lc des crevettes de l'Onilahy âgées de trois mois (Lc mâle = 15,25 mm. Lc femelle = 17 mm) sont inférieures à la Lc moyenne observée en Baie d'Ambaro (Lc = 20 mm; Le Reste, 1978); cette différence peut être liée à l'imprécision de la détermination de l'âge sur l'Onilahy, mais peut aussi refléter les conditions

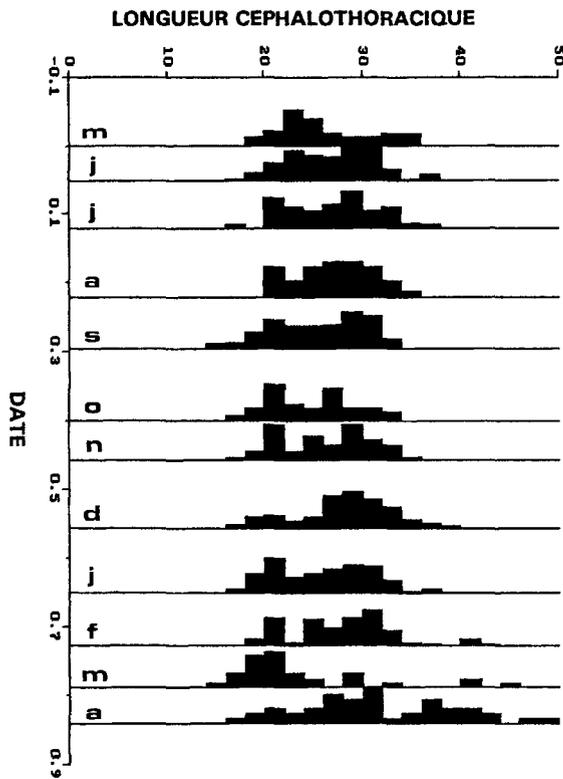


Figure 8

Histogrammes des fréquences de taille pour *P. monodon* (mâles + femelles).

Length frequency histograms for P. monodon (males + females).

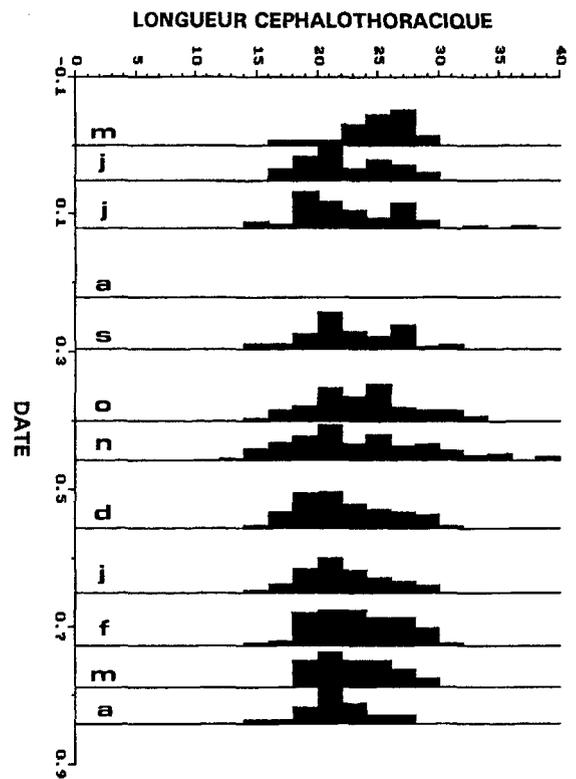


Figure 9

Histogrammes des fréquences de taille pour *P. japonicus* (mâles + femelles).

Length frequency histograms for P. japonicus (males + females).

thermiques plus favorables du Nord-Ouest de Madagascar. Hall (1962) a observé en Inde des résultats assez proches de nos estimations pour *P. indicus*, avec une Lc moyenne de 19 mm pour des animaux de quatre mois.

Devant le faible effectif de *P. monodon* et *P. japonicus*, les données pour les mâles et femelles ont du être regroupées par espèce. Les histogrammes de fréquences de taille ainsi obtenus sont complexes et il n'a pas été possible d'estimer les paramètres de croissance pour les deux espèces. Pour *P. monodon* (fig. 8), la présence d'animaux de petites tailles ($14 < Lc < 22$ mm) est observée de façon continue dans l'estuaire; l'hypothèse formulée précédemment sur la régularité du recrutement de *P. monodon* est donc confirmée. Pour cette espèce, les grandes tailles ($38 < Lc < 50$ mm) sont essentiellement observées de décembre à avril, à la fin de la saison chaude et disparaissent d'avril à mai. Pour *P. japonicus* (fig. 9), l'aspect irrégulier des fréquences de taille est vraisemblablement lié au fait que cette espèce ne trouve pas dans l'embouchure les conditions optimales pour son développement. Il ne semble pas y avoir de composante saisonnière clairement définie dans le recrutement comme dans la présence de grandes tailles, les Lc variant de 12 à 40 mm. On peut remarquer cependant que les histogrammes de taille sont particulièrement étalés à l'intersaison (octobre-novembre).

Effort de pêche, CPUE et capture totale de la pêche traditionnelle

L'effort de pêche mensuel a été relevé sur l'Onilahy (pour la pêche de jour); il représente le nombre total de sorties en mer effectuées par les pirogues équipées de senne, au cours du mois. Parallèlement, la CPUE moyenne mensuelle a été calculée et exprimée en kg/pirogue/sortie (fig. 10). L'effort faible de juin-juillet-août ($270 < f < 380$) est expliqué par le mauvais temps qui sévit dans la région à cette période et provoque une mer agitée, particulièrement en juin. L'effort augmente ensuite fortement en septembre et se maintient jusqu'en décembre ($440 < f < 550$), les conditions météorologiques étant clémentes à cette période. En janvier-février l'effort retombe ($290 < f < 340$); cette chute peut s'expliquer par une diversification des activités de pêche. Certains pêcheurs ciblent en effet préférentiellement en janvier les crevettes juvéniles sur les berges de l'estuaire en utilisant la moustiquaire, d'autres s'orientent vers la pêche des poissons à la ligne ou au filet maillant en février. A partir de mars, les pêcheurs reviennent tous à la senne et l'effort remonte et reste stable jusqu'en mai ($450 < f < 550$), les tailles capturées étant à cette période les plus fortes de l'année. Globalement, pour la pêche de jour sur l'Onilahy et sur l'ensemble de l'année, on peut estimer le nombre moyen de pirogues sortant en mer par jour à 14.

La CPUE varie sur l'année de 15 à 22 kg/pirogue/sortie (fig. 10). Une période de CPUE fortes (CPUE > 20 kg) est

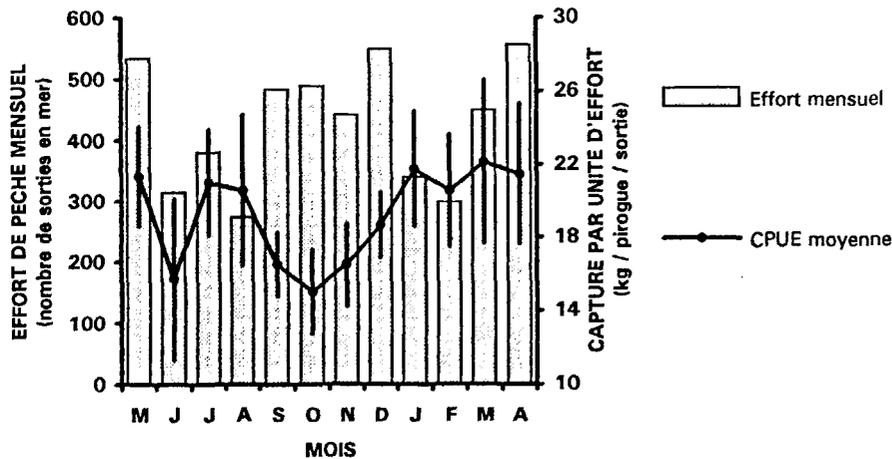


Figure 10

Effort de pêche mensuel et moyenne mensuelle de la capture par unité d'effort (moyenne \pm I.C. à 95 %).

Monthly fishing effort and monthly average of catch per unit effort (means with bars indicating 95 % C.I.).

observée de janvier à août avec une exception pour le mois de juin où la CPUE faible (CPUE = 15,7 kg) est vraisemblablement liée à l'état de la mer. L'intersaison de septembre à décembre présente des rendements relativement bas ($15 < \text{CPUE} < 18,7$ kg); on émet l'hypothèse que la disponibilité de la ressource est alors limitée sur la zone exploitée de l'estuaire et que la pression de pêche forte et continue sur cette période entraîne une baisse du rendement par engin.

La capture mensuelle de crevettes sur l'Onilahy, pour la pêche de jour, évolue de manière parallèle à l'effort de pêche mensuel, avec un maximum en mai (11,16 tonnes) et un minimum en juin (4,36 tonnes). La capture totale pour la pêche de jour est évaluée à 94 tonnes/an (du 1er mai 1990 au 30 avril 1991). Depuis juillet 1989, date de nos premières investigations sur l'estuaire, de manière sporadique nous avons pu obtenir sur 24 heures la capture de jour et de nuit sur l'Onilahy, avec un total de 6 760 paniers de jour pour 9 154 paniers de nuit soit un rapport de 1/1,35 dans les rendements jour/nuit. En tenant compte de ce rapport, nous pouvons estimer grossièrement la capture totale de la pêche traditionnelle de jour et de nuit sur l'Onilahy à 220 tonnes/an, pour une surface exploitée de 4 km². Sachant qu'il existe 38 sennes disponibles sur l'embouchure, la production par engin et par an est approximativement de 5,7 tonnes de crevettes/senne/an.

DISCUSSION

Croissance

Sur les trois méthodes testées seules ELEFAN et SLCA ont permis un ajustement des courbes de croissance avec les distributions de fréquences de tailles. Ces deux méthodes sont proches au niveau conceptuel (Shepherd, 1987) mais présentent des critères différents pour déterminer la qualité de l'ajustement. ELEFAN paraît cependant plus adéquate pour estimer les paramètres de croissance pour des animaux à croissance rapide et espérance de vie courte (Isaac, 1990). Ce résultat est d'ailleurs confirmé dans cette étude sur les pénéides avec une exception pour les mâles de *P. indicus* où la croissance a été estimée par

SLCA qui peut se révéler performante sur des données « difficiles » (Shepherd *et al.*, 1987).

L'échantillonnage dans l'estuaire de l'Onilahy a été réalisé sur un site limité de l'embouchure caractérisé par sa forte densité en crevettes et donc subissant une pression de pêche intense à la senne de plage. La senne, comme tous les engins traînant sur le fond, capture à la fois les crevettes résidentes et les crevettes en migration. La sélectivité de cet engin traditionnel est mal connue; on constate que les plus petites tailles capturées sont des juvéniles (7 à 8 mm de Lc) mais que l'essentiel des captures est constitué de subadultes et adultes ($11 < \text{Lc} < 50$ mm). L'évitement possible de l'engin par les grandes tailles ainsi que leur émigration vers le large peuvent biaiser la partie droite des histogrammes de fréquence. La qualité de l'ajustement des courbes de croissance avec les distributions de tailles est moins bonne pour les femelles que pour les mâles; elle peut refléter une différence sensible dans le comportement migratoire des deux sexes qui se traduit par une imprécision accrue de K et L_∞ pour les femelles. Une deuxième source de biais vraisemblablement importante est apportée par l'étalement sur plusieurs mois de la période de recrutement maximal pour les deux espèces. Ces principales sources de biais nous conduisent à considérer les estimations des paramètres de croissance avec une certaine précaution.

La conformité des résultats de croissance pour les mâles et les femelles d'une même espèce confère cependant une certaine fiabilité à nos résultats. La comparaison des paramètres de croissance dans la bibliographie est d'autre part rendue difficile par le choix des méthodes (analyse des fréquences de taille, marquage-recapture, modèle de croissance linéaire pour les juvéniles/subadultes et modèle de von Bertalanffy pour les subadultes/adultes).

La croissance supérieure de *P. indicus* en système estuarien par rapport à la pleine mer peut être confirmée en comparant les paramètres de croissance obtenus sur l'Onilahy avec ceux très inférieurs estimés par Agasen et Del Mundo (1988) par analyse des fréquences de taille en mer, en Inde et aux Philippines ($1/\text{an} < K$ pour mâles et K pour femelles $< 1,2/\text{an}$. Lc_∞ mâles = 41,5 mm. Lc_∞ femelles = 42,8 mm).

Durée de la phase estuarienne et émigration

Les crevettes pénéides côtières quittent généralement les estuaires à des tailles variables (du stade juvénile au stade subadulte) pour pondre en mer et achever leur cycle; la taille moyenne à la migration peut suivre des variations saisonnières et résulte d'une synergie de facteurs: température, salinité, courant, nourriture (Garcia et Le Reste, 1981). Les crevettes capturées dans l'Onilahy atteignent des tailles inhabituelles en milieu estuarien et nous conduisent à penser qu'une partie au moins de la population tend à prolonger son séjour en estuaire, certains animaux atteignant des âges de 12 à 14 mois ou plus. Les tailles de migration paraissent donc anormalement grandes.

Le fait que les femelles de taille adulte ne sont jamais matures sur l'Onilahy indique de plus que les tailles de première maturité sexuelle sont anormalement grandes. Une partie de la population ne migre vraisemblablement pas et subit de façon continue l'influence des eaux estuariennes; on a pu en effet constater en Casamance au Sénégal une inhibition de la maturation des gonades des pénéides résidant en estuaire, quelle que soit leur taille (Le Reste, 1981). D'autre part, le plateau continental étant très étroit et la salinité de l'estuaire demeurant relativement élevée, on peut émettre une deuxième hypothèse où des crevettes ayant migré en mer reviennent à la côte comme cela a pu être observé pour *P. indicus* dans le Nord-Ouest de Madagascar (Le Reste, 1978); ces animaux pouvant s'être déjà reproduits en mer.

Le climat semi-aride de la région de Tuléar conduit à une baisse modérée de la salinité qui tombe seulement de 14 à 20 unités à marée descendante, durant la saison des pluies; cette situation est donc très proche de celle observée en Casamance où la salinité descend rarement au-dessous de 21 et où l'espèce *Penaeus notialis* peut atteindre de grandes tailles, 32 mm de Lc pour les mâles et 41 mm de Lc pour les femelles (Le Reste, 1981). L'embouchure de l'Onilahy est caractérisée sur l'année par une variation thermique modérée (25 à 30 °C) et une variation d'autant plus faible de la salinité (14 à 35) que l'influence des apports d'eau douce est probablement fortement contrebalancée à marée haute par l'influence marine et particulièrement celle des masses d'eaux de la fosse océanique devant l'embouchure; ces conditions de stabilité relative au cours de l'année entraînent vraisemblablement une migration limitée des pénéides vers le large. On remarque de plus que les individus de grosses tailles (pour *M. monoceros*, *P. indicus* et *P. monodon*) sont essentiellement présents dans l'Onilahy pendant la saison des pluies, ce qui confirme le rôle négligeable joué par la dessalure comme facteur d'émigration dans le Sud-Ouest de Madagascar.

Par contraste, dans le Nord-Ouest de Madagascar (28,9 °C < T < 32,5 °C; 5 < S < 35) comme dans le Golfe de Carpentaria en Australie (24 °C < T < 31 °C; 8 < S < 36) qui présentent des conditions climatiques assez proches et notamment une forte chute de la salinité en été, on observe un schéma d'émigration très différent. Les migrations vers le large sont clairement conditionnées par la saison des pluies, et on remarque en estuaire des pénéides de grandes tailles en saison sèche et surtout de petits individus en saison humide. *P. indicus* peut, dans ces conditions, commencer à migrer de l'estuaire à partir de 5 mm de Lc; son recrutement est complet dans la zone intertidale vers

13 mm de Lc et en mer vers 25 mm de Lc pour les mâles et 31 mm de Lc pour les femelles (Le Reste, 1978). En Australie, pour *Penaeus merguensis*, les cohortes installées dans l'estuaire en saison des pluies ne migrent pas avant la prochaine saison humide (Staples, 1979; Staples, 1980; Haywood et Staples, 1993). De façon générale dans les régions tropicales humides, les pénéides quittent la zone intertidale plus tard en saison sèche qu'en saison humide.

Sur l'Onilahy, pour *P. monodon*, *P. indicus* et *M. monoceros*, les trois espèces les plus fréquentes dans les captures, on remarque une disparition des grandes tailles sur l'embouchure généralement brutale, respectivement en avril-mai, mai-juin et juillet-août. Durant cette période avril-août, que l'on peut assimiler à la transition automne-hiver dans le Sud-Ouest de Madagascar, on observe une baisse générale de la température qui atteint une valeur minimale en juillet-août (fig. 2). Il existe donc une liaison assez nette entre l'émigration vers le large et la baisse de température dans une région à caractère semi-aride, comme celle de Tuléar. Ces résultats confirment les travaux de Benfield *et al.* (1990) qui ont mis en évidence dans un estuaire d'Afrique du Sud présentant un écart thermique plus prononcé (18 °C < T < 28 °C) mais un écart de salinité identique à l'Onilahy (25 < S < 37), la relation entre l'émigration de *P. indicus* entre 20 et 25 mm de Lc et la baisse de température.

Cycle biologique

Pour les deux espèces les plus communes dans les captures, *M. monoceros* et *P. indicus*, l'évolution du cycle biologique peut être décrite dans l'estuaire de l'Onilahy. Nous ne disposons cependant que de données sur un site très localisé de l'estuaire situé à son embouchure et d'aucune information sur la chronologie de l'immigration des postlarves dans l'estuaire comme sur la croissance des juvéniles.

Pour *P. indicus* espèce la mieux connue, il existe à Madagascar et en Afrique du Sud deux périodes de ponte principales: mars-avril (la plus importante) et octobre-novembre, ceci devant conduire à une entrée d'animaux dans le système estuarien en avril-mai et en novembre-décembre (Le Reste, 1978; Benfield *et al.*, 1990). Sur les histogrammes de fréquence de *P. indicus* sur l'Onilahy, il est possible de suivre la cohorte correspondant à la ponte principale avec une arrivée présumée dans le système en mai et une émigration en mai-juin, 12 mois plus tard. Nos données sont en accord avec celles de Benfield *et al.* (1990) qui estiment de 9 à 16 mois le séjour de *P. indicus* en estuaire, dans une région à faible dessalure.

M. monoceros est une espèce moins connue. Le Reste et Marcille (1976) ont déterminé pour cette espèce les deux périodes de ponte principales, février et mai-octobre (prépondérante). La cohorte observée sur les histogrammes de fréquence de *M. monoceros* sur l'Onilahy, correspond vraisemblablement à une cohorte née fin janvier et arrivée dans le système estuarien fin février et qui y séjournerait 14 mois ou plus. Des résultats différents ont été obtenus en Inde par Achuthankutty et Nair (1983) qui précisent que *M. monoceros* ne dépasse pas 7 à 8 mois de séjour dans un estuaire caractérisé par un écart thermique modéré

(25 °C < T < 30 °C) mais aussi par un écart de salinité important (5 < S < 35) pouvant entraîner une limitation du séjour dans le système.

Partage des ressources

L'évolution de la composition faunistique des captures sur l'année dans l'embouchure de l'Onilahy met clairement en évidence un partage des ressources de l'estuaire au niveau temporel, avec des périodes de recrutement principal différentes selon les quatre espèces, mais présentant parfois certains recouvrements. Le partage des ressources dans l'espace a été mis en évidence dans un estuaire du Nord-Ouest de Madagascar avec une tendance des jeunes stades de *P. indicus* à coloniser des zones situées plus en amont par rapport à *M. monoceros* et une différence de comportement de ces deux espèces vis-à-vis du courant (Laroche et Tsimikasa, 1993). Il semble donc que sur l'estuaire de l'Onilahy, le partage des ressources dans le temps et vraisemblablement aussi dans l'espace pour les quatre espèces de pénéides conduise à une réduction de la compétition interspécifique.

Cette observation sur le partage de la ressource semble se vérifier sur d'autres estuaires de la zone et pour d'autres espèces, notamment en Australie pour *Penaeus plebejus*, *Metapenaeus bennettiae* et *Metapenaeus macleayi* (Coles et Greenwood, 1983).

Pêche traditionnelle

Il est souvent difficile de comparer la productivité en pénéides d'un écosystème côtier, d'une région à l'autre. Les contextes écologiques et halieutiques peuvent être très variés, ceci rendant l'interprétation des différences de productivité très délicate. En milieu estuarien ou lagunaire, ce sont souvent des pêcheries de type traditionnel ou artisanal qui ciblent les pénéides et le suivi des captures/efforts est parfois rendu très difficile par la multiplicité et l'enclavement des zones de pêche; on remarque en conséquence que les analyses détaillées de ces pêcheries sont encore rares (García, 1985).

La pêche traditionnelle au barrage côtier et à la senne de plage en zone intertidale est très active dans le Nord-Ouest de Madagascar avec une CPUE de 5 à 15 kg/sortie pour le

barrage et de 7 à 27 kg/sortie pour la senne et de bonnes captures en avril-mai-juin; Les barrages côtiers assurent 75 % de la production en crevettes du Nord-Ouest et sont inopérants durant les périodes de crues de décembre à février, les sennes assurant le reste de la production (Rafalimanana, 1990). La CPUE observée pour la senne dans cette zone paraît relativement comparable avec celle de l'Onilahy avec cependant pour cette dernière un rendement plus constant (15 kg/sortie < CPUE Onilahy < 22 kg/sortie). La productivité de certains villages de la Baie d'Ambaro a été suivie notamment pour Ankazomborona qui avec 85 barrages côtiers et 31 sennes a produit 80 tonnes de crevettes en 1988 (Rabarison, 1989; Rafalimanana, 1990); cette production paraît faible par rapport aux 220 tonnes produites dans l'année par les 38 sennes de l'Onilahy.

La production en crevettes pénéides a été souvent mise en relation avec la surface de nourricerie disponible. En Amérique du Nord, l'abondance et les quantités de crevettes sont directement liées à la surface absolue et au type de végétation estuarienne-intertidale (Turner, 1977). Matsubroto et Naamin (1977) ont également mis en évidence la relation entre les captures de crevettes et les zones de mangrove en Indonésie. En Australie, une relation linéaire a été obtenue entre la taille des nourriceries (exprimée par la longueur totale des estuaires bordés par des mangroves) et la capture moyenne annuelle de crevettes sur dix ans, pour différentes régions du golfe de Carpentaria (Staples *et al.*, 1985).

Sur la côte Ouest Mexicaine, Blake *et al.* (1981) ont observé une production de l'ordre de 1200 tonnes/an de pénéides pour un système lagunaire de 175 km², exploité de façon intensive par des barrages dans les chenaux. La comparaison de cette production sur l'ensemble du système lagunaire avec la production sur l'Onilahy est rendue difficile par le fait que nos résultats sont exprimés par rapport à la surface de la zone de pêche en ne tenant pas compte de la surface de nourricerie (probablement très supérieure à la surface exploitée par les sennes de plage).

Sur la Casamance, Le Reste (1982, 1983, 1992) a étudié la production de la pêche traditionnelle en liaison avec la salinité sur l'estuaire et a établi un modèle prédictif des captures en fonction de la pluviométrie de l'année en cours et de l'année précédente. La pression de pêche est très forte sur l'estuaire (2384 pirogues recensées en 1976 sur une portion d'estuaire de 50 km de long avec une largeur partout supérieure à 2 km)

RÉFÉRENCES

- Achuthankutty C.T., S. Nair (1983). Larval migration and growth of marine prawns in the estuarine habitat. *Mahasagar Bulletin of the National Institute of Oceanography* 16, 2, 243-250.
- Agasen E.V., C. Del Mundo (1988). Growth, mortality and exploitation rates of *Penaeus indicus* in Manila Bay, Philippines and Southeast India. *FAO Fisheries Report* 389, 89-100.
- Avalle O. (1991). La ferme pilote d'aquaculture de crevettes de Nosy-Be. Cahier d'information des pêches. Ministère de la Production Animale et des Eaux et Forêts, Antananarivo. 5, 29-33.
- Baelde P. (1994). Growth, mortality and yield-per-recruit of deep-water royal red prawns (*Haliporoides sibogae*) off eastern Australia, using the length-based MULTIFAN method. *Mar. Biol.* 118, 617-625.
- Basson M., A.A. Rosenberg, J.R. Beddington (1988). The accuracy and reliability of two new methods for estimating growth parameters from length-frequency data. *J. Cons. int. Explor. Mer.* 44, 277-285.
- Benfield M.C., J.R. Bosschietter, A.T. Forbes (1990). Growth and emigration of *Penaeus indicus* H. Milne-Edwards (Crustacea: Decapoda: Penaeidae) in the St. Lucia estuary, Southern Africa. *Fish. Bull.* 88, 1, 21-28.
- Blake B.F., A.B. Bowers, E. Naylor (1981). Ecology and *Penaeus* fishery of a coastal lagoon system in W. Mexico. Report on the University of Liverpool/National Autonomous University of Mexico Lagoon Research Project 1973-1979. Overseas Developmental Administration, London. 58 p.

- Chaperon P., J. Danloux, L. Ferry** (1993). *Fleuves et Rivières de Madagascar*. Monographies hydrologiques, ORSTOM Editions, **10**, 874 p.
- Coles R.G., J.G. Greenwood** (1983). Seasonal Movement and Size Distribution of Three Commercially Important Australian Prawn Species (Crustacea: Penaeidae) within an Estuary System. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* **34**, 727-743.
- Forbes A.T., M.C. Benfield** (1986a). Tidal behaviour of post-larval penaeid prawns (Crustacea: Decapoda: Penaeidae) in a southeast African estuary. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **102**, 23-34.
- Forbes A.T., M.C. Benfield** (1986b). Penaeid prawns in the St Lucia Lake System: Post-larval recruitment and the bait fishery. *S. Afr. J. Zool.* **21**, 3, 224-228.
- Forbes A.T., D.P. Cyrus** (1991). Recruitment and origin of penaeid prawn postlarvae in two south-east african estuaries. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* **33**, 3, 281-289.
- Garcia S.** (1985). Reproduction, stock assessment models and population parameters in exploited penaeid shrimp populations, in: Second Australian National Prawn Seminar, Cleveland, Queensland, Australia. P.C. Rothlisberg, B.J. Hill, D.J. Staples eds. 139-158.
- Garcia S., L. Le Reste** (1981). Life cycles, dynamics, exploitation and management of coastal penaeid shrimp stocks. *FAO Fish. Tech. Pap.* **203**, 215 p.
- Hall D.N.F.** (1962). Observations on the taxonomy and biology of some Indo-West Pacific Penaeidae (Crustacea, Decapoda). *Colonial Office, Fish. Publ.* **17**, 229 p.
- Haywood M.D.E., D.J. Staples** (1993). Field estimates of growth and mortality of juvenile banana prawns (*Penaeus merguensis*). *Mar. Biol.* **116**, 407-416.
- Isaac V.J.** (1990). The accuracy of some length-based methods for fish population studies. *ICLARM Tech. Rep.* **27**, 81 p.
- Larocche J., L.P. Tsimikasa** (1993). Microrépartition des postlarves et des jeunes chez les crevettes pénéides de l'estuaire de l'Ambohinangy (baie d'Ambaro, Madagascar). *Rev. Hydrobiol. trop.* **26**, 2, 139-151.
- Lebigre J.M.** (1990). Les marais maritimes du Gabon et de Madagascar. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Bordeaux III, 651 p.
- Le Reste L.** (1970). Biologie de *Acetes erythraeus* (Sergestidae) dans une baie du N.W. de Madagascar (Baie d'Ambaro). *Cah. ORSTOM sér. Océanogr.* **8**, 2, 35-56.
- 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 p.
- Le Reste L.** (1981). Etude de la croissance de la crevette *Penaeus notialis* en Casamance au Sénégal. *Doc. Sc. Cent. Rech. Océanogr. Dakar-Tiaroye* **80**, 23 p.
- Le Reste L.** (1982). Variations spatio-temporelles de l'abondance et de la taille de la crevette *Penaeus notialis* en Casamance (Sénégal). *Oceanologica Acta* N°SP, 327-332.
- Le Reste L.** (1983). Etude des variations annuelles de la production de crevettes dans l'estuaire de la Casamance (Sénégal). *Doc. Sc. Cent. Rech. Océanogr. Dakar-Tiaroye* **88**, 1-18.
- Le Reste L.** (1992). Pluviométrie et captures des crevettes *Penaeus notialis* dans l'estuaire de la Casamance (Sénégal) entre 1962 et 1984. *Aquat. Liv. Res.* **5**, 233-248.
- Le Reste L., J. Marcille** (1976). Biologie des adultes chez la crevette *Metapenaeus monoceros* (Fabricius) au Nord-Ouest de Madagascar. Contribution à l'étude d'une baie eutrophique tropicale. *Cah. ORSTOM, Sér. Océanogr.* **14**, 3, 249-259.
- Marcille J.** (1978). Dynamique des populations de crevettes pénéides exploitées à Madagascar. *Trav. Doc. ORSTOM* **92**, 197 p.
- Mathews C.P., M. Al-Hossaini, A.R. Abdul Ghaffar, M. Al-Shoushani** (1987). Assessment of short-lived stocks with reference to Kuwait's shrimp fisheries: a contrast of the results obtained from traditional and recent size-based techniques, in: *Length-based methods in fisheries research*, Pauly D., Morgan G.R. Eds. ICLARM, Manila, Philippines and KISR, Safat, Kuwait, 147-166.
- Matsubroto P., N. Naamin** (1977). Relationship between tidal forests (mangroves) and commercial shrimp production in Indonesia. *Marine research in Indonesia* **18**, 81-86.
- OISO/CNRO** (1989). Actes du séminaire sur l'aménagement des pêcheries de crevettes côtières du Nord-Ouest de Madagascar. FAO/PNUD: RAF/87/008/DR/50/89/F, 87 p.
- Pauly D.** (1987). A review of the ELEFAN system for analysis of length-frequency data in fish and aquatic vertebrates, in: *Length-based methods in fisheries research*, Pauly D., Morgan G.R. Eds. ICLARM, Manila, Philippines and KISR, Safat, Kuwait, 7-34.
- Piton B., Y. Magnier** (1971). Les régimes hydrologiques de la Baie d'Ambaro (Nord-Ouest de Madagascar). *Cah. ORSTOM. Sér. Océanogr.* **9**, 2, 149-166.
- Rabarison A.G.** (1989). La pêche traditionnelle à la crevette en baie d'Ambaro en 1988. in: Actes du séminaire sur l'aménagement des pêcheries de crevettes côtières du Nord-Ouest de Madagascar. OISO/CNRO (1989). FAO/PNUD: RAF/87/008/DR/50/89/F, 62-69.
- Rafalimanana T.** (1990). Estimation des productions de la pêche traditionnelle crevette sur la côte Nord-Ouest de Madagascar. Cahier d'information des pêches. Ministère de la production animale et des eaux et forêts, Antananarivo, **4**, 10-13.
- Salomon J.N.** (1986). Le Sud-Ouest de Madagascar. Etude de géographie physique. Thèse d'Université, Aix-Marseille, 998 p.
- Shepherd J.G.** (1987). A weakly parametric method for the analysis of length composition data, in: *Length-based methods in fisheries research*, Pauly D., Morgan G.R. (Eds). ICLARM, Manila, Philippines and KISR, Safat, Kuwait, 113-119.
- Shepherd J.G., G.R. Morgan, J.A. Gulland, C.P. Mathews** (1987). Methods of analysis and assessment: report of working group II, in: *Length-based methods in fisheries research*, Pauly D., Morgan G.R. Eds. ICLARM, Manila, Philippines and KISR, Safat, Kuwait, 353-362.
- Sparre P.** (1987). Computer programs for fish stock assessment. *FAO Fish. Tech. Pap.* **101**, 218 p.
- Staples D.J.** (1979). Seasonal migration patterns of postlarval and juvenile Banana Prawns, *Penaeus merguensis* de Man, in the major rivers of the Gulf of Carpentaria, Australia. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* **30**, 143-157.
- 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.
- Staples D.J., D.J. Vance, D.S. Heales** (1985). Habitat requirements of juvenile penaeid prawns and their relationship to offshore fisheries, in: Second Australian National Prawn Seminar, Cleveland, Queensland, Australia. Rothlisberg P.C., Hill B.J., Staples D.J. eds. 47-54.
- Turner R.E.** (1977). Intertidal vegetation and commercial yields of penaeid shrimp. *Trans. Amer. Fish. Soc.* **106**, 411-416.