Relations entre les fluctuations spatio-temporelles des captures au casier des crabes rouges des profondeurs (Geryon spp.), de la pente continentale du Sénégal, et quelques éléments de leur biologie

Daniel GAERTNER (1-2) et Francis LALOË (1)

## Résumé

Une évaluation de la richesse en crabes rouges des profondeurs (Geryon spp.) de la pente continentale sénégalaise a élé réalisée au moyen de casiers, entre octobre 1982 et mai 1984.

Pour décrire les variations d'abondance apparente de ces crustacés, plusieurs modèles de régression par les moindres carrés sont comparés; ces équations dérivent toutes d'un modèle général qui fait intervenir le mois de pêche, la position géographique de la radiale et enfin la profondeur de pose. Un compromis est recherché entre les modèles les plus complets qui conduisent aux meilleurs ajustements, mais qui restent difficiles à interpréter, et ceux qui par leur formulation plus simple, permettent une interprétation des différentes composantes, tout en conservant une part de variance expliquée satisfaisante. L'importance de ces facteurs sur les fluctuations spatio-temporelles des rendements peut ensuite être discutée, à la lumière des connaissances biologiques dont nous disposons.

En ce qui concerne l'espèce de Geryon la plus abondante sur le talus continental, G. maritae, la chule des rendements observée en fin d'année coïncide avec le changement de saison hydroclimatique. Comme les premières femelles ovigères ne sont capturées qu'à partir de fin novembre, il est probable que la capturabilité de ces crustacés soit conditionnée par leur reproduction. Étant donné que la taille maximale des mâles est supérieure à celle des femelles et que, contrairement à ces dernières, leur abondance augmente avec la profondeur, c'est la sonde des 700 m qui est la plus intéressante d'un point de vue commercial (pour une taille minimale de capture fixée à 12 cm de largeur de carapace). La représentation graphique des distributions de fréquences de taille en fonction de la profondeur donne une bonne illustration de celle observation.

Une deuxième espèce, G. affinis, n'a été capturée en quantité appréciable que sur une montagne sous-marine située à une soixantaine de milles au large de la côte nord du Sénégal. Ce crabe semble occuper un biotope légèrement plus profond que celui de G. maritae. Ce travail se termine par quelques remarques sur l'écologie de ces deux espèces.

Mots-clés : Sénégal — Stocks profonds — Geryon — Casiers — Variations d'abondance — Biologie — Modèles statistiques.

<sup>(1)</sup> CRODT (ISRA), B.P. 2241, Dakar, Sénégal.

<sup>(2)</sup> Adresse acluelle: ORSTOM, Apdo 373, Cumana, Estado Sucre, Venezuela.

## D. GAERTNER, F. LALOË

## Abstract

# Relations between spatio-temporal variations of trap catches of the deep-sea red crab (Geryon spp.) off Senegal and several aspects of its biology

From October 1982 to May 1984, a trap survey was conducted to assess the deep-sea red crabs (Geryon spp.) resource on the continental slope off Senegal. Several multiplicative models, fitted by least squares, are used to determine factors affecting abundance estimates. These include: monthly factors, location of transect and operaling depth of traps. We looked for a compromise between more elaborate models giving a better fit but hard to interpret, and more simple ones with lower explained variances, but allowing estimation of components effects. The importance of these factors on the spatial and time variations of our abundance estimates is discussed in relation to the biological data available.

For G. maritae, the most abundant red crab species on the shelf, the decrease of catches per unit of effort between November and January is probably related to reproduction. For a culling size of 12 cm carapace width, the highest commercial expected yields are at 700 m (males inhabit deeper water than females). Size frequencies of red crabs are given by depth strata.

Another deep-sea red crab, G. affinis, was found on a seamont located at approximately 60 miles from the coast. Finally, several ecological aspects are discussed, mainly on diet, to explain their use of the same biotope.

KEY WORDS : Senegal — Deep-sea stocks — Geryon — Traps — Abundance variations — Biology — Statistical models.

## Resumen

Relaciones entre las fluctuaciones espacio-temporales de las capturas del cangrejo rojo (Geryon spp.), colectado con la ayuda de nasas en el talud continental del Senegal, y algunas observaciones de su biologia

Una evaluacion de la abundancia del cangrejo rojo del talud continental del Senegal, Geryon spp., fué hecha con la ayuda de nasas, entre Octubre 1982 y Mayo 1984. Para describir las variaciones de los rendimientos de ésle crustáceo, se hace la comparacion de varios modelos de regresion por el método de los mínimos cuadrados. Todos ellos utilizan tres factores principales que son: la fecha de salida, la posicion del transecto y la profundidad del muestreo, además de las interacciones de segundo orden. Se busca un compromiso entre las ecuaciones más complejas que dan un mejor ajuste, pero que resultan bastante difíciles de interpretar, y los modelos más sencillos que tienen la ventaja de revelar la importancia de cada factor, a la vez que expresan una parte importante de la varianza. La importancia de estos factores sobre las fluctuaciones espacio-temporales de los rendimientos se discute a la luz de los conocimientos biologicos de los cuales disponemos.

La disminucion de los rendimientos observada a fines del año para Geryon maritae, que es la especie de cangrejo más abundante del Senegal, parece estar en relacion con la reproduccion. La cantidad de machos aumenta con la profundidad, además ellos alcanzan una talla superior a la de las hembras; teniendo en cuenta ésto, la profundidad de 700 m es la más rentable. Para mejor ilustrar ésto, damos las distribuciones de frecuencias de las tallas en funcion de la profundidad.

Una segunda especie de cangrejo rojo, G. affinis fué encontrada principalmente sobre una montaña submarina que se situa a más de 60 millas de la costa. Este cangrejo aparentemente ocupa un biotopo ligeramente más profundo que el de G. maritac. Terminamos éste trabajo con algunas observaciones sobre la ecología de éstas dos especies.

PALABRAS CLAVES : El Senegal — Stocks profundos — Geryon — Nasas — Variaciones de abundancia — Biología — Modelos estadisticos.

## INTRODUCTION

En raison de la surexploitation des zones côtières, les anciennes pêcheries de crabes ont progressivement déplacé leur activité vers des zones de plus en plus profondes. C'est ainsi que la baisse des rendements en crabe bleu et en crabe royal de l'Atlantique Nord-Ouest a permis de découvrir que les fonds compris entre 100 et 1 000 m de profondeur recelaient d'importantes potentialités halieutiques en crabes rouges des profondeurs (*Geryon quinquedens*, SMITH, 1879). A la suite de l'exploitation commerciale de cette espèce aux USA et au Canada, plusieurs campagnes de prospection, au chalut ou au casier,



FIG. 1. — Geryon marilae (femelle), d'après N. HALLE et T. MONOD, dans MONOD (1956, fig. 441). Geryon maritae (female), from N. HALLE and T. MONOD, in MONOD (1956, fig. 441)

ont été effectuées sur les côtes d'Afrique, afin d'estimer leurs richesses en crabes rouges. Parmi ces études signalons celles réalisées en Angola (DIAS et MACHADO, 1973), au Congo (CAYRE et BOUCHEREAU, 1977), en Côte d'Ivoire (LE LŒUFF et al., 1978), enfin en Namibie (BEYERS et WILKE, 1980). Bien que tous ces auteurs fassent référence à G. quinquedens, il s'agit en réalité d'une autre espèce décrite par MANNING et HOLTHUIS (1981) sous le nom de G. marilae (fig. 1).

Le fait que cette dernière appellation soit reprise par MELVILLE-SMITH (1983) dans son évaluation des stocks de Geryon des fonds de Namibie, permet d'affirmer qu'il s'agit bien de la même espèce qui vit sur le talus continental de l'Atlantique africain.

Au Sénégal, les stocks profonds sont exploités par une flotte de chalutiers espagnols, dont l'effort de pêche ne se confine plus sur les fonds de 100 à 350 m à la seule « gamba » (Parapenaeus longirostris), mais se distribue aujourd'hui sur de plus grandes profondeurs (400-600 m) à la recherche d'autres espèces, comme une crevette appelée « alistado »

Océanogr, trop. 20 (2): 95-115 (1985).

(Aristeus varidens), comme les crabes rouges (Geryon spp.). Ainsi, en 1980, les prises de géryons effectuées par ces crevettiers avoisinaient les 700 tonnes (THIAM el al., 1983). Une deuxième espèce de Geryonidae : G. affinis, MILNE EDWARDS et BOUVIER, 1894, a été rencontrée, pour la première fois dans la région, sur une montagne sous-marine située à une soixantaine de milles de la côte nord du Sénégal (GAERTNER et LALOË, 1985). Son occurrence au niveau du talus continental reste cependant très faible.

Les premiers résultats des campagnes de prospection au casier réalisées au Sénégal (tabl. I et II, d'après GAERTNER et al., 1985) ne prenaient pas en considération le déséquilibre introduit par la stratégie d'échantillonnage, discutée dans la partic « Matériel et méthode » du présent travail. Les valeurs moyennes des rendements pouvaient donc être soumises à l'influence de plusieurs facteurs comme les radiales prospectées, le mois durant lequel la campagne avait été réalisée ou encore la profondeur de pose des filières. Dans la présente étude, nous

## D. GAERTNER, F. LALOË

### TABLEAU I

Rendements moyens en fonction de la	profondeur,	tous mois e	t toutes	radiales	confondus
Average yields in relation to	o bathymetry.	, all months	and all i	ransects	

Rdt Prof.	Poids Casier	Poids Crabe	Nb. (12 cm et plus)	Nb. mâles	Nb.femelles
300 m	2,32	0,45	0,75	0,03	5,03
500 m	7,93	0,32	1,19	8,85	21,35
700 m	8,02	0,94	4,48	7,01	3,20
800 m	6,49	0,76	2,97	12,37	1,40
L					

## TABLEAU II

Rendements moyens en fonction de la radiale, tous mois et toutes profondeurs confondus Average yields in relation to transect location, all month and bathymetric values

Radiale	l Casam.	2 S. Gamb.	3 N. Gamb.	4 Mbour	5 N. Kayar	6 Peulh	7 Dôme Kayar
Pds/casier (kg)	7,64	5,98	4,17	4,45	9,72	5,81	3,01
Pds/crabe (kg)	0,68	0,63	0,56	0,59	0,58	0,82	0,41
Nb. 12 cm et plus	4,74	2,76	0,55	1,10	2,61	2,76	2,52
Nb. Mâles	3,91	1,78	1,62	4,76	15,23	4,55	4,09
Nb. Femelles	11,31	10,86	8,09	10,96	9,43	3,97	4,30

nous sommes attachés à discriminer les effets dus à chacun d'entre eux, puis à relier les variations de l'abondance apparente à la biologie de ces espèces.

## 1. MATÉRIEL ET MÉTHODE

## 1.1. L'engin de pêche

Pour évaluer la richesse en crabes rouges du talus sénégalais, deux sortes de casiers ont été utilisées :

- les casiers « kavel » de forme cylindrique (0,68 m de long et 0,43 m de diamètre) ;

- les casiers « tronconiques », de plus grand volume que les premiers (1 m de diamètre de base; 0,6 m de haut; 0,27 m de diamètre supérieur), chacun d'entre eux étant lesté par 4 à 5 kg.

La filière est composée par une ligne de fond préalablement lestée, sur laquelle sont attachées les nasses, et de deux lignes de remontée reliées à des flotteurs et à un système de repérage (fig. 2).

Océanogr. trop. 20 (2): 95-115 (1985).

Chaque unité de pêche est porteuse de 10 casiers, distants entre eux de 70 m. En effet, d'après les différents travaux réalisés antérieurement sur les côtes africaines, il faut que la distance entre les les casiers soit de cet ordre de grandeur si l'on ne veut pas prendre le risque de sous-estimer les abondances apparentes, à cause des phénomènes de compétition entre les casiers. Étant donné que les rendements de nuit ne diffèrent pas de ceux de jour (CAYRE et BOUCHEREAU, 1977), nous avons décidé de poser les filières le soir vers 19 heures et de les récupérer le matin vers 7 heures, soit environ après 12 heures d'immersion. Avant chaque opération de pêche les casiers sont appâtés avec 1 à 2 kg de poisson de chalut, généralement des *Denlex spp*.

L'utilisation de deux sortes de casiers dans ce travail a rendu nécessaire le calcul d'un indice unique d'abondance apparente. Sans que la procédure de standardisation soit reprise ici (GAERTNER *et al.*, 1985), rappelons que les casiers «kavel» sont assujettis à des phénomènes de saturation qui conduisent à une sous-estimation des rendements.



F1G. 2. – Schéma d'une filière utilisée pour la pêche des crabes rouges des profondeurs (Geryon spp.) au Sénégal Illustration of trap set used in the fishery of deep-sea red crab (Geryon spp.) in Senegal

## TABLEAU III

Couverture spatio-temporelle de l'effort d'échantillonnage Spalio-temporal coverage of sampling effort

MISSION N°		DATE		RADIALES VISITEES
1	Début	Octobre	1982	1, 2, 3, 4, 5
2	Fin	Novembre	1982	4, 5, 6, 7
3	Début	Février	1983	1, 2, 3, 4, 5
4	Fin	Avri1	1983	4, 5, 6, 7
5	Début	Juin	1983	4, 5
6	Fin	Juillet	1983	3, 4, 5
7	Fin	Novembre	1983	4, 5, 6, 7
8	Début	Décembre	1983	1, 2, 3, 4, 5
9	Fin	Janvier	1984	4, 5, 6, 7
10	Fin	Mars	1984	4, 5, 6, 7
11	Fin	Avril	1984	1, 2 + 2 autres
12	Fin	Mai	1984	4,5

Ces derniers sont donc exprimés pour 12 heures d'immersion et par casier de type tronconique.

## 1.2. Stratégie d'échantillonnage

Pour des problèmes de place disponible sur le pont du N/O Laurent Amaro, seules quatre filières pouvaient être constituées. Comme la distribution des géryons s'étale approximativement entre 200 et 1 000 m de profondeur, les sondes de 300, 500, 700 et 900 m ont semblé apporter la meilleure couverture bathymétrique possible. En raison de sa facilité d'exécution, le choix du plan d'échantillonnage s'est porté vers le système des radiales. Sept radiales ont donc été positionnées le long de l'aire d'étude, qui s'étend entre les latitudes 12° et 16° Nord et les longitudes 17° et 18° Ouest (fig. 3).

Comme il a été évoqué dans l'introduction, l'effort d'échantillonnage n'a pu être réparti avec la même intensité sur toutes les radiales; ceci en raison, d'une part, de l'étendue de l'aire d'étude et, d'autre part, de la disponibilité du navire océanographique pour ce programme. Deux entités, faisant l'objet de missions séparées, ont dû être créées :

- la partie sud avec les radiales 1 (Casamance), 2 (Sud-Gambie) et 3 (Nord-Gambie);

- la partie nord avec les radiales 6 (fosse des Peulhs) et 7 (Dôme de Kayar);

— les radiales 4 et 5, respectivement au large de Mbour et sur la fosse de Kayar, ont servi de sites de référence et ont été communes à chaque mission.

La répartition spatio-temporelle de l'ensemble des campagnes d'évaluation, effectuées entre octobre 1982 et juin 1984, est reportée dans le tableau III.

Le nombre total d'opérations de pêche finalement retenu pour l'analyse spatio-temporelle des rendements, en prises pondérales (sexes confondus), en nombre de femelles et en nombre de gros individus (largeur carapace  $\geq 12$  cm) a été de 176. En revanche, pour l'étude des mâles, la sonde des 300 m n'a pas été prise en considération à cause de la très faible occurrence de ces derniers sur ces fonds : le nombre d'unités d'observations s'est donc réduit à 132 filières.

# 2. CHOIX DU MODÈLE D'AJUSTEMENT

On peut considérer que la capture par unité d'effort ( $C_{11K}$ ) est soumise à l'influence de plusieurs facteurs qualitatifs, tels que :

- un effet saisonnier  $(M_i)$ , i = 1...10 (10 mois), - la localisation géographique de la radiale prospectée  $(R_i)$ , j = 1...7 (7 radiales),

— un facteur bathymétrique  $(Z_k)$ , k = 1...4 (4 profondeurs), ainsi qu'aux différentes interactions qui existent entre eux (MR<sub>11</sub>; MZ<sub>1k</sub>; RZ<sub>Jk</sub>; MRZ<sub>1jk</sub>). Bien qu'un plan d'échantillonnage équilibré avec répétition aurait permis d'analyser l'effet dû à l'interaction entre les trois composantes (MRZ<sub>11k</sub>), de nombreuses contraintes techniques ont empêché de le réaliser. La stratégie d'échantillonnage retenue (tabl. III) ne permet pas d'estimer cette interaction qui sera intégrée dans le résidu ( $\varepsilon_{11k}$ ), avec les risques que cela comporte. Sans éluder ce problème, le modèle d'analyse de variance le plus complet qui servira de référence peut s'écrire de la façon suivante :

 $C_{\mathbf{i}\mathbf{j}\mathbf{k}}=M_{\mathbf{i}}.R_{\mathbf{j}}.Z_{\mathbf{k}}.MR_{\mathbf{i}\mathbf{j}}.MZ_{\mathbf{i}\mathbf{k}}.RZ_{\mathbf{j}\mathbf{k}}.\epsilon_{\mathbf{i}\mathbf{j}\mathbf{k}}.$ 

Afin d'homogénéiser les variances, on passe du modèle multiplicatif au modèle additif par transformation logarithmique.

(1) Log  $C_{ijk} = Log M_i + Log R_j + Log Z_k + Log MR_{ij}$ + Log MZ<sub>ik</sub> + Log RZ<sub>jk</sub> + Log  $\epsilon_{ijk}$  (1).

La recherche des valeurs prises par les différentes composantes se fait par un ajustement sur les moindres carrés.

On pose comme hypothèse de travail que les résidus ont une moyenne nulle, qu'ils ont une même variance et qu'ils ne sont pas corrélés deux à deux. Toutefois, dans ce type de modèle, il est difficile de bien cerner les effets propres à chaque facteur et, par là même, d'évaluer les strates spatio-temporelles susceptibles de fournir les meilleurs rendements. On peut alors se demander si le fait de ne conserver qu'une seule interaction ne favoriserait pas l'interprétabilité des résultats en dépit d'un moins bon ajustement. L'opportunité de cette opération se mesurera en testant si la somme des carrés résiduels a augmenté de façon significative, ainsi que par l'observation des différents pourcentages de variance expliquée. Il est bon d'insister sur le fait que le plan d'expérience est très déséquilibré en raison de l'absence de plusieurs combinaisons ijk (tabl. III). Cela implique que les estimations des différents effets dépendent des contraintes faites sur les autres facteurs. En d'autres termes, les estimations des effets principaux ne seront pas les mêmes selon que l'ajustement sera réalisé en présence, ou en l'absence, d'interactions, puisque supposer à tort l'absence de l'une d'entre elle, conduit à l'introduire en partie dans les effets pris en compte par le modèle (pour ces problèmes d'orthogonalité du modèle, nous renvoyons à Coursol, 1980).

L'élimination successive de deux des trois interactions conduit à la définition des équations suivante :

<sup>(2)</sup> Log  $C_{1jk} = Log M_1 + Log R_1 + Log Z_k + Log RZ_{jk} + Log \epsilon_{1jk}$  (2), interaction zone-profondeur;

<sup>(3)</sup> Log  $C_{1jk} = Log R_1 + Log M_1 + Log Z_k + Log MZ_{1k} + Log \epsilon_{1jk}$  (3), interaction mois-profondeur;

<sup>(4)</sup> Log  $C_{ijk} = Log Z_k + Log M_i + Log R_j + Log MR_{ij} + Log \epsilon_{ijk}$  (4), interaction mois-zone.



FIG. 3. – Position géographique des radiales prospectées dans cette étude Location of transects surveyed in this study

Pour simplifier nous poserons dans (2) Log  $R_1$  + Log  $Z_k$  + Log  $RZ_{1k}$  = Log  $RZ_1$ , où chaque l (l = 1...28) correspond à un jk et à un seul (bijcction), et d'une manière similaire pour (3) avec Log  $MZ_m$  (m = 1...40) et pour (4) avec Log  $MR_n$ (n = 1...70).

Enfin, un dernier modèle encore plus simple, ne prenant en considération que les effets principaux, peut être formulé ainsi :

## (5) Log $C_{ijk} = Log M_i + Log R_j + Log Z_k + Log \epsilon_{ijk}$ (5).

La comparaison entre l'ajustement aux modèles (2 à 5) et celui de référence (1) est faite à l'aide de la statistique :

$$F = \frac{\frac{\text{S.C.R.}_{(x)} - \text{S.C.R.}_{(1)}}{\frac{\text{d.d.l.}_{(x)} - \text{d.d.l.}_{(1)}}{\frac{\text{S.C.R.}_{(1)}}{\text{d.d.l.}_{(y)}}}$$

où, sous la condition que les hypothèses afférentes aux résidus inexpliqués soient remplies, les F suivent des F de FISCHER pour  $(d.d.l._{(x)} - d.d.l._{(1)}; d.d.l._{(1)})$ degrés de liberté; x représentant le modèle à comparer (x = 2...5), et S.C.R., les sommes de carrés résiduels des différents modèles. Pour les graphes des résidus du premier modèle en fonction des valeurs ajustées se reporter à l'annexe 1.

Les niveaux des différents facteurs sont donnés arbitrairement par rapport à la radiale numéro 7, à la profondeur des 900 m et au mois de décembre. Pour améliorer la présentation de cette analyse, la constante issue de toute analyse de variance a été intégrée dans la composante qui ne possédait pas d'interactions avec les deux autres (1).

## 3. ANALYSE SPATIO-TEMPORELLE DES REN-DEMENTS

Seule l'étude du nombre de femelles par casier permet de ne pas rejeter, au seuil de 5 %, l'absence de 2 des interactions de second ordre. Cependant, pour faciliter l'interprétation des résultats, nous conserverons dans tous les autres cas des modèles qui expliquent une part appréciable de la variance totale, mais qui rejettent des interactions qui existent probablement. Ces modèles sont donc utilisés dans une optique « partition de la variance » et non dans un but « prédictif ».

## 3.1. Rendements pondéraux

Comme on peut le voir dans le tableau IV, le modèle le plus complet extrait 67 % de la variance. Les tests conduisent au rejet des autres modèles avec des niveaux de significativité variables. Néanmoins, parmi ces derniers, celui qui prend en compte l'interaction zone-profondeur ( $RZ_{ik}$ ) explique 57 % de la variance. Cette équation sera donc retenue pour décrire les fluctuations relatives de l'abondance apparente, d'une part, sur une échelle temporelle et, d'autre part, sur le plan géographique et bathymétrique. Le nombre de filières ayant servi pour le calcul de ces niveaux factoriels est donné en annexe 2.

L'analyse de l'indice mensuel (Log  $M_i$ ) permet de mettre en évidence une chute de l'abondance apparente en novembre et décembre (fig. 4). Cette observation concorde avec la diminution des prises en crabes rouges réalisées par les crevettiers espagnols au cours de la même période de l'année (THIAM *et al.*, 1983). Ces valeurs indiciaires augmentent ensuite, pour atteindre leur maximum en mai-juin; les prises par unité d'effort (P.U.E.) observées sont alors d'environ 10 kg/casier, toutes radiales et toutes profondeurs confondues.

Indépendamment du facteur saisonnier, la composante spatiale montre que sur l'ensemble des radiales, les meilleures pêches sont effectuées sur la sonde des 700 m (fig. 5). Quelques valeurs élevées apparaissent à 900 m (radiales 5, 6 et 7) ou à 500 m (radiales 1 à 5). Par contre, sauf dans le sud du Sénégal (n° 1, Casamance; n° 2, Sud-Gambie), les indices fournis par la sonde des 300 m sont particulièrement faibles. Le secteur le plus riche en géryons est celui qui est placé à proximité de la fosse de Kayar (radiale n° 5), où les rendements annuels, sur les fonds de 700 et 900 m, sont de l'ordre de 14 à 15 kg/casier.

# 3.2. Rendements en nombre de mâles et en nombre de femelles

Sauf chez les femelles, où la relation mathématique numéro 2 (interaction zone-profondeur) ajuste aussi bien les captures par unité d'effort que le premier modèle construit avec les 3 interactions de second ordre, les tests sont là aussi significatifs (tabl. V). Comme précédemment, l'utilisation des modèles à une interaction ne sera possible qu'au prix de certaines concessions statistiques. Chez les mâles, cette deuxième équation reste relativement satisfaisante puisqu'elle permet l'explication de 40,1 %

<sup>(1)</sup> Les calculs ont été effectués sur l'IBM 4331 du CRODT (ISRA) de Dakar en GENSTAT (Rothamsted Experimental Station, Great Britain).

## TABLEAU IV

Analyses de variances des différentes régressions, appliquées sur les rendements pondéraux; NS – non significatif,  $\cdot$  = significatif à 5 %,  $\cdot$  = significatif à 1 %,  $\cdot$  = significatif à 0,1 %

Analysis of variances for the various regression models, used to describe ponderal yields; NS – not significant, \* = significant at 5 % level, \*\* = significant at 1 % level, \*\*\* = significant at 0,1 % level

LogC	MODELE	SOURCE DE VARIATION	d.d.1.	SOMME CARRES	CARRES MOYENS	F	% VAR. EXPL.
	1	Régression Résiduelle Total	84 71 155	146,57 26,08 172,65	1,7449 0,3673 1,1139		67,0
kg)/casier	2	Régression Résiduelle Total	36 119 155	115,96 56,70 172,65	3,2210 0,4764 1,1139	* 1,737	57,2
dérales (	3	Régression Résiduelle Total	42 113 155	105,31 67,34 172,65	2,5074 0,5959 1,1139	*** 2,675	46,5
ptures pon	4	Régression Résiduelle Total	42 113 155	103,12 69,53 172,65	2,4553 0,6153 1,1139	*** 2,817	44,8
Caj	5	Régression Résiduelle Total	18 137 155	88,07 84,59 172,65	4,8926 0,6174 1,1139	*** 2,414	44,6



FIG. 4. — Évolution de l'indice mensuel (Log M<sub>i</sub>) des rendements pondéraux. Les mois, représentés en abscisse, varient d'octobre à juillet

Evolution of monthly index (Log M<sub>1</sub>) for ponderal yields. Months, from October to July, are indicated on X axis Log RZ2



FIG. 5. — Estimation de la composante spatiale (effet radiale + effet profondeur + interaction radiale-profondeur = Log RZ<sub>1</sub>) des rendements pondéraux. L'axe des abscisses représente les radiales, alors que celui qui est oblique rend compte de la profondeur (m)

Spatial component estimates (transect effect + bathymetric effect + transect-bathymetry interaction =  $Log RZ_1$ ) for ponderal yields. X axis indicates transect location, whereas the oblique one represents bathymetry (m)

# TABLEAU V

Analyses de variances des différentes régressions, appliquées sur les rendements en nombre d'individus mâles et femelles ; NS = non significatif, \* = significatif à 5 %, \*\* = significatif à 1 %, \*\*\* = significatif à 0,1 %

Analysis of variances for the various regression models, used to describe yields in number of males and in number of females; NS = notsignificant, \* = significant at 5 % level, \*\* = significant at 1 % level, \*\*\* = significant at 0,1 % level

LogC	MODELE	SOURCE DE VARIATION	d.d.1.	SOMMES CARRES	CARRES MOYENS	F	% VAR. EXPL.
	1	Régression Résiduelle	68 45	105,62 22,10	1,5533 0,4912		56,5
	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	Total	113	127,73	1,1303		
asier	2	Régression Résiduelle	29 84	70,83 56,90	2,4423 0,6774	* 1,817	40,1
°/°		Total	113	127,73	1,1303		
mâles	3	Régression Résiduelle	32 81	74,11 53,62	2,3159 0,6619	* 1,783	.41,4
de		Total	113	127,73	1,1303		
Nombre	4	Régression Résiduelle	41 72	74,01 53,72	1,8051 0,7461	<b>**</b> 2,384	34,0
		Total	113	127,73	1,1303		
	5	Régression Résiduelle	17 96	55,20 72,53	3,2470 0,7555	<b>**</b> 2,013	33,8
		Total	113	127,73	1,1303		
1	1	Régression Résiduelle	84 71	198,60 52,23	2,3643 0,7356		54,5
ier		Total	155	250,83	1,6183		
es/cas	2	Régression Résiduelle	36 119	153,21 97,62	4,2560 0,8203	NS 1,286	49,3
e11		Total	155	250,83	1,6183		
de fem	3	Régression Résiduelle	42 113	132,70 113,60	3,2670 1,0060	** 1,986	37,9
re		Total	155	250,80	1,6180		
Nomb	4	Régression Résiduelle	42 113	132,70 118,10	3,1610 1,0450	** 2,132	35,3
		Total	155	250,80	1,6180		
	5	Régression Résiduelle	18 137	109,70 141,20	6,0930 1,0300	** 1,833	36,3
		Total	155	250,80	1,6180		

Océanogr. trop. 20 (2): 95-115 (1985).

4



FIG. 6. — Évolution de l'indice mensuel (Log M<sub>i</sub>) des rendements en nombre de mâles. Les mois représentés en abscisses varient d'octobre à juillet

Evolution of monthly index (Log.  $M_1$ ) for yields in number of males. Months, from October to July, are indicated on X axis

de la variabilité des observations. On notera que le troisième modèle, qui discrimine la composante géographique (Log R<sub>J</sub>) de l'effet dû à l'association mois-profondeur (Log M.Z<sub>m</sub>), amène lui aussi à une assez bonne minimisation (41,4 % de variance expliquée). Toutefois, pour permettre la mise en parallèle des fluctuations des abondances apparentes des crabes des deux sexes, l'équation numéro 2 a été retenue.

Chez les mâles (fig. 6) la principale conclusion que l'on retiendra de l'étude du facteur saisonnier (Log  $M_i$ ) est l'accroissement progressif de cet indice entre le mois de septembre et celui de juillet. Débutant par une valeur très faible, ce paramètre reste



FIG. 7. — Évolution de l'indice mensuel (Log.  $M_i$ ) des rendements en nombre de femelles. Les mois représentés en abscisse varient d'octobre à juillet

Evolution of monthly index (Log  $M_1$ ) for yields in number of females. Months, from October to July, are indicated on X axis

peu élevé jusqu'en janvier (moins de 10 crabes par casier); une deuxième période, caractérisée par de fortes valeurs, se dessine alors en février pour se maintenir jusqu'en été (de 15 à 25 mâles/casier).

Chez les femelles (fig. 7), on notera simplement que les faibles indices de novembre à février s'opposent aux fortes valeurs de mai-juin (moins de 10 individus par casier durant la première époque contre plus de 50 au cours de la seconde).

L'observation des figures 8 et 9 permet de noter une différence dans la distribution bathymétrique des individus des deux sexes (radiales 1 à 6). C'est ainsi que contrairement aux mâles, l'abondance des femelles diminue avec l'augmentation de la



FIG. 8. — Estimation de la composante spatiale (effet radiale + effet profondeur + interaction radiale-profondeur = LogRZ<sub>1</sub>) des rendements en nombre de màles. L'axe des abscisses représente les radiales, alors que celui qui est oblique rend compte de la profondeur (m)

Spatial component estimates (transect effect + bathymetric effect + transect-bathymetry interaction =  $Log RZ_1$ ) for yields in number of males. X axis indicates transect location, whereas the oblique one represents bathymetry (m)



FIG. 9. — Estimation de la composante spatiale (effet radiale + effet profondeur + interaction radiale-profondeur =  $\log RZ_{I}$ ) des rendements en nombre de femelles. L'axe des abscisses représente les radiales, alors que celui qui est oblique rend compte de la profondeur (m)

Spatial component estimates (transect effect + bathymetric effect + transect-bathymetry interaction = Log.  $RZ_1$ ) for yields in number of females. X axis indicates transect location, whereas lhe oblique one represents bathymetry (m)

105

Océanogr. trop. 20 (2): 95-115 (1985).

## D. GAERTNER, F. LALOË

## TABLEAU VI

Analyses de variances des différentes régressions, appliquées sur les rendements en crabes commercialisables (largeur carapace  $\geq 12$  cm); NS = non significatif, \* = significatif à 5 %, \*\* = significatif à 1 %, \*\*\* = significatif à 0,1 %

Analysis a	of variances	for the var	ious regression	models, used to	o describe yields of	commercial-sized	crabs (carapace	width $\geq 12 \text{ cm}^*$ ;
	NS = not si	gnificant, *	' = significant d	at 5 % level, **	= significant at 1	% level, *** = si	gnificant at 0,1 °	% level

LogC	MODELE	SOURCE DE VARIATION	d.d.1.	SOMMES CARRES	CARRES MOYENS	F	% VAR. EXPL.
sier	1	Régression Résiduelle Total	84 71 155	83,71 12,07 95,78	0,9965 0,1700 0,6180		72,5
isables/ca	2	Régression Résiduelle Total	36 119 155	64,36 31,42 95,78	1,7879 0,2640 0,6180	*** 2,371	57,1
ommercial	3	Régression Résiduelle Total	42 113 155	69,68 26,10 95,78	1,6591 0,2310 0,6180	<b>**</b> 1,965	62,6
e crabes c	4	Régression Résiduelle Total	42 113 155	66,71 29,07 95,78	1,5884 0,2573 0,6180	*** 2,381	57,3
Nombre de	5	Régression Résiduelle Total	18 137 155	57,69 38,09 95,78	3,2051 0,2780 0,6180	*** 2,319	55,0

profondeur. Ce résultat, qui concorde avec les divers travaux réalisés dans l'Atlantique africain, n'est vrai que pour *G. maritae* qui est la seule espèce de crabe rouge à peupler ces 6 secteurs; en effet, les prises de *G. affinis* sont très rares au niveau de la côte elle même (GAERTNER et LALOË, 1985). En contrepartie, les données provenant de la radiale nº 7 (Dôme de Kayar), sur les fonds de 700 et 900 m, concernent les deux espèces. Cela explique le fait que les densités en femelles observées à 900 m sur cette montagne sous-marine soient particulièrement élevées, contrairement à ce que nous venons de voir pour les zones habitées uniquement par *G. maritae*.

Les prises qui correspondent aux forts indices pondéraux observés précédemment (fig. 5) sur la radiale n° 5 de Nord-Kayar sont surtout composées de mâles, auxquels se joignent des femelles sur la strate des 500 m. Alors que les secteurs les plus riches en mâles sont situés au nord de Dakar, il semble que ce soit l'inverse chez les femelles, à l'exception toutefois du Dôme de Kayar (n° 7) où l'on trouve les deux espèces.

## 3.3. Rendements en gros individus

En l'absence d'une connaissance précise sur la taille à la première maturité sexuelle et dans l'hypothèse d'une vente au détail des crabes rouges, la taille minimale de capture susceptible d'être adoptée dans une exploitation commerciale a été fixée arbitrairement à 12 cm de largeur de carapace.

Même si les quatre modèles les plus simples ont une somme des carrés résiduels significativement plus élevée que celle de l'équation de référence (tabl. VI), ils montrent tous un fort pourcentage de variance expliquée. Le troisième modèle qui se décompose en un effet « position de la radiale » et un effet « mois-profondeur » a donc été retenu en raison de son pouvoir de résolution élevé (62,6 % de la variabilité expliquée).

La composante géographique (Log  $R_J$ ) est maximale dans le sud du Sénégal (radiales 1 et 2) et au nord (radiales 6 et 7), comme on peut le voir dans la figure 10. Étant donné la pauvreté de leurs fonds en gros crabes, les secteurs situés au large de Mbour (4) ou de la frontière nord-gambienne (3) apparaissent

Océanogr. trop. 20 (2): 95-115 (1985).

Océanogr. trop. 20 (2): 95-115 (1985).

10 11



FIG. 10. — Estimation du facteur géographique (Log.  $R_j$ ) des rendements en crabes commercialisables (largeur de carapace  $\geq 12$  cm). Le numéro des radiales est représenté en abscisse

Geographical factor estimates (Log  $R_1$ ) for yields of commercial-sized crabs (carapace width  $\ge 12$  cm). Number of transects are indicated on X axis  $F_{IG}$ , 11. — Évolution du facteur mois-profondeur (effet mois + effet profondeur + interaction mois-profondeur =  $Log MZ_m$ ) des rendements en crabes commercialisables (largeur de carapace  $\geq 12$  cm). L'axe des abscisses représente les mois (octobre à juillet), alors que celui qui est en oblique rend compte de la profondeur (m)

Evolution of « month-bathymetry » factor (month effect + bathymetric effect + month-bathymetry interaction =  $Log MZ_m$ ) for yields in commercial-sized crabs. Months, from October to July, are indicated on X axis, whereas the oblique one represents bathymetry (m)

désormais comme peu favorables à l'implantation d'une pêcherie au casier. Les rendements n'y dépassent que très rarement 3 gros individus/casier et les risques de conflit avec les chalutiers exploitant ces fonds, jusqu'à 500 m, ne sont pas négligeables.

Bien que certaines « cellules » soient vides d'observations (cf. Annexe 2), l'analyse de la deuxième composante (Log  $MZ_m$ ) permet de tirer plusieurs enseignements. En dehors de quelques valeurs relativement moyennes enregistrées en novembredécembre, les indices d'abondance relevés sur la strate bathymétrique des 700 m sont nettement les plus intéressants (fig. 11). Quelques bonnes opérations de pêche peuvent toutefois être réalisées sur les fonds de 900 m (en avril notamment), ainsi que sur ceux de 500 m (février-mars). Ces bons rendements sont de l'ordre de 7 à 10 gros individus par casier ; quelques captures exceptionnelles pouvant atteindre 18 à 20 crabes commercialisables.

# 4. ÉLÉMENTS DE BIOLOGIE

## 4.1. Structure en taille des captures

Après cette première approche des rendements toutes tailles confondues, il est intéressant de donner quelques renseignements sur la composition en taille des captures. Dans ce travail, nous nous limiterons à une présentation des fréquences de taille en fonction du secteur géographique et de la profondeur de pose, sans aborder leur cinétique structurelle qui nécessiterait une analyse beaucoup plus approfondie.

FIG. 12. — Fréquences relatives des tailles (largeur de la carapace en cm) des Geryon maritae mâles

Relative size frequency distributions (carapace width in cm) for Geryon maritae males





LOG Rj

Pour faciliter leur interprétation, les distributions des fréquences de taille de *G. marilae* ont été rassemblées selon trois zones géographiques : le sud (radiales 1 et 2), le centre (3 et 4) et enfin le nord (5, 6 et 7). Les données ont été cumulées sur la totalité des opérations de pêche, après pondération par les rendements correspondants (fig. 12 et 13). Pour *G. affinis* seule la radiale numéro 7 du Dôme de Kayar a été utilisée (fig. 14).

Les plus grosses femelles de G. maritae sont collectées principalement sur 300 m de fond. Ceci est particulièrement net dans le sud, où les bonnes captures par unité d'effort de cette strate (fig. 5; fig. 9 et fig. 10) sont à relier à l'absence de chalutage dans cette zone; en revanche les faibles abondances provenant des mêmes fonds, mais des radiales de Nord-Gambie (3) et de Nord-Kayar (5), ne seraient que la conséquence de l'exploitation de ces lieux par les crevettiers espagnols. La présence de ces femelles âgées qui s'ajoute à celle des mâles de grande taille, explique que l'indice géographique (Log R<sub>i</sub>) soit plus élevé au niveau des radiales 1 et 2 qu'à celles du nord (5, 6 et 7), où seuls les mâles constituent la partie commercialisable (fig. 10). La sonde des 500 m est surtout peuplée de jeunes mâles (taille modale de 7 cm), alors que pour les femelles, même si on retrouve des juvéniles, un mode se dégage autour de la taille de 10 cm (comme sur les autres fonds). Si, d'une manière générale, le nombre de mâles adultes augmente avec la profondeur, on s'aperçoit que dans le même temps le nombre de juvéniles ne baisse que dans le centre et surtout dans le sud. Cette situation est à l'origine du gradient d'abondance décroissant du nord vers le sud évoqué précédemment (fig. 8).

Pour G. affinis (fig. 14), les structures démogragraphiques des prises comprennent très peu de crabes de moins de 10 cm. La taille modale des femelles est de 11 cm, alors qu'elle oscille entre 13 cm (700 m) et 14 cm (900 m) chez les mâles. Malgré la présence de ces gros individus, il ne semble pas que cette montagne sous-marine (radiale nº 7) puisse faire



FIG. 13. — Fréquences relatives des tailles (largeur de la carapace en cm) des Geryon maritae femelles

Relative size frequency distributions (carapace width in cm) for Geryon maritae females

Océanogr. trop. 20 (2): 95-115 (1985).



FIG. 14. — Fréquences absolues des tailles (largeur de la carapace en cm) des Geryon affinis des deux sexes, capturés sur le Dôme de Kayar (radiale nº 7); d'après GAERTNER et LALOE (1985)

Absolute size frequency distributions (carapace width in cm) for Geryon affinis (both sexes), fished on the Kayar seamount (transect n° 7); from GAERTNER and LALOE (1985) l'objet d'une exploitation en raison des faibles densités qui y sont rencontrées.

# 4.2. La reproduction

La localisation de la période de reproduction, dans l'espace et dans le temps, et la connaissance de son mode de fonctionnement permettent d'exliquer, en partie, les variations des différents indices d'abondance apparente. Chez les crabes, la fécondation est interne et se déroule selon une succession de phases comportementales très précises. La durée de l'accouplement de G. maritae et de G. affinis n'est pas connue, mais il est probable toutefois qu'une phase préparatoire précède la fécondation comme chez l'espèce voisine G. longipes, MILNE-EDWARDS, 1881. D'après MORI et RELINI (1982), qui ont étudié ce crabe en laboratoire, avant de muer, la femelle est transportée par le màle qui s'aide de ses pattes ambulatoires. Même si les deux partenaires continuent de s'alimenter au cours de cette étape préliminaire, qui dure entre 9 et 25 jours, il est logique de penser que leurs déplacements et leur agilité sont assez faibles.

				Casamance	Sud-Gambie	Nord-Gambie	M bour	Nord - Kayar	Peulh	Dôme de Kayar		Dôme de Kayar	
DA	TE		Pfd.	1	2	3	4	5	6	7		7	Pfd. m
Début	Oct.	82	300			/	///	2	<i>\}}}</i>	<i>[]]]</i>		<b>T</b>	
Fin	Nov.	82	300 500				~	~	- <u>*</u> - <u>*</u>				700 900
Début	Fév.	83	300 500	$\square$	*		$\sim$	*	$\langle / / / / / / / / / / / / / / / / / / /$			<i>WHA</i>	
Fin	Avril	83	300		<i>\///</i>					/		*	700
Début	Juin	83	300							<i>4///</i>			
Fin	Juill.	83	300			}	<u></u>	Ż				V//A	
Fin	Nov	83	300		¥////	<i>\</i> ////	7777					*	700
Début	Déc.	83	300		*		~~						
Fin	Janv.	84	300	₹ <i>∏</i>	<i>VIII</i>	¥Ĩ//	7					*	700
Fin	Mars	84	300									*	700
Fin	Avril	84	300			<i>\///</i>	VIII.		<i>\    </i>	<i>\\\\</i>			
Fin	Mai	84	300	¥////									
		Ab	sence de f	emello	G.ı es gr	m a rin ainée	tae s				Pas	de fe	ffinis <del>-</del>
	*	Pre	ésence de f	emelle	s gra	ainée	S		27	Zz	one	non p	rospectée

TABLEAU VII

localisation spatio-temporelle des femelles grainées (des 2 espèces de Geryon) capturées par les casiers Spatio-temporal location of ovigerous females fished by traps (both Geryon species)

Océanogr. trop. 20 (2): 95-115 (1985).

La copulation survient le même jour que la mue de la femelle et paraît se prolonger pendant 4 à 5 jours. Comme il est vraisemblable que pour des espèces du même genre, vivant, de surcroît, à des profondeurs identiques, la reproduction se déroule d'une manière assez voisine, on peut admettre que l'ensemble de ces manifestations dure approximativement un mois chez les crabes rouges pêchés au Sénégal. Au cours de ces phases, l'activité trophique des Géryons est donc considérablement perturbée.

La détermination de la période de l'année à laquelle se réalise cette fonction biologique a été faite à partir de l'observation de femelles grainées dans les prises. Les rares femelles ovigères de G. maritae, capturées par les casiers, ne le sont qu'à partir de novembre-décembre (tab. VII). On peut donc supposer que cette espèce se reproduit durant cette période qui coïncide avec l'arrivée des eaux froides. Des observations assez similaires sont faites au Congo par CAYRE et BOUCHEREAU (1977), qui signalent que les captures de femelles grainées de G. maritae ont lieu en saison froide (avril à juillet, avec un maximum en avril-mai). La présence au Sénégal de ces femelles sur les fonds de 300 et 500 m confirme les résultats de ces deux auteurs (350 m), ainsi que ceux de LE LŒUFF et al. (1978) en Côte d'Ivoire (400 m). La période de ponte de G. affinis est, par contre, plus difficile à mettre en évidence (tab. VII). On constatera simplement que les femelles porteuses d'œufs ne sont récoltées qu'aux deux sondes les plus profondes (700 et 900 m).

## 5. DISCUSSION GÉNÉRALE

Dans les discussions des différents résultats, il faut toujours garder à l'esprit que les effets observés dépendent des hypothèses réalisées en présence, ou en l'absence, des autres effets, ainsi que de la structure du plan d'expérimentation sélectionné.

Cela étant posé, même si, comme dans toute étude de prospection, les estimations des rendements moyens par opération de pêche sont entachées d'une assez forte variabilité, elles restent suffisamment cohérentes pour être utilisées dans une analyse spatio-temporelle des fluctuations des abondances apparentes. En dehors du facteur géographique qui inclut certainement la topographie (degré d'inclinaison du talus) et la morphologie des fonds (nature du substrat, présence de cavités, etc.), les composantes saisonnières et bathymétriques sont étroitement liées à la biologie des géryons. C'est ainsi que la diminution des priscs enregistrées en novembredécembre survient au moment où ces crustacés se reproduisent, ce qui semble bien traduire une baisse de leur capturabilité.

D'après la terminologie adoptée par LAUREC et LE GUEN (1981), la capturabilité peut être scindée en plusieurs composantes, dont nous ne retiendrons ici que celles qui dépendent directement des espèces. Tout d'abord en raison de la couverture bathymétrique réalisée par notre plan d'échantillonnage, il est peu probable, d'une part, que les géryons migrent au delà des limites de la pente continentale (1) et, d'autre part, qu'ils soient sujets à des déplacements Nord-Sud comme les espèces côtières (variations de l'accessibilité). Il est, par contre, plus raisonnable de pencher en faveur d'une variation mensuelle de leur vulnérabilité. Cette composante de la capturabilité, qui rend compte du comportement des crabes au sein même de la zone prospectée (prise de nourriture, etc.), est d'autant plus importante dans notre analyse que l'engin de pêche utilisé (casier) est un engin passif. Or, il est admis que les femelles porteuses d'œufs s'alimentent peu, ce qui expliquerait leur faible occurrence dans les prises et, par conséquent, que l'indice mensuel du nombre de femelles par casier (fig. 7) soit à son palier le plus bas de décembre à avril.

Ajoutons à cela que, bien que le changement de carapace soit très rapide dans le temps, peu de crabes mous sont récoltés dans les pièges. On peut donc, là aussi, supposer que durant les périodes de mues, les crabes ont une faible probabilité d'être capturés. Chez les mâles cette phase d'exuviation intervient probablement plusieurs semaines avant la reproduction, car leur exosquelette est dur au moment de l'accouplement. En prenant en considération cet aspect, il est possible que le très faible indice du mois d'octobre (fig. 6) visualise en partie ce phénomène (cela impliquerait cependant que les différentes cohortes muent à peu près au même moment). Chez les femelles, cette mue se produit, au contraire, juste avant la copulation, puisqu'au cours de cet acte des traces noirâtres, dues à la pression des organes copulateurs mâles, sont laissées sur le pourtour de leurs organes génitaux. Cette observation a, du reste, été utilisée par HAEFNER (1977) pour déterminer la taille à maturité sexuelle de G. quinquedens.

Malgré une bonne connaissance, à l'échelle annuelle, de la répartition des sexes et de la structure en taille

<sup>(1)</sup> Cette hypothèse est bâtie sur les p.u.e. obtenues dans les 2 essais effectués sur les fonds de 1 100 et 1 300 m : inférieures à un crabe/casier pour le premier, nulles pour le second.

des captures, il est difficile de mettre en évidence des migrations saisonnières en fonction de la profondeur. Ainsi, chez les femelles, le modèle intégrant ·l'interaction radiale-profondeur (Log  $RZ_1$ ) aboutit ià un meilleur ajustement que le troisième, qui tient compte de l'effet mois-profondeur (Log MZ<sub>m</sub>). Cela signifie que le jeu de données utilisé ne permet pas de déceler des migrations de ce type. Il est possible, malgré tout, que ces dernières existent, mais que l'absence de synchronisation entre les déplacements des différentes classes d'âge ne permettent pas de les mettre en évidence. Au contraire, le nombre de cohortes composant la catégorie « gros individus » étant réduit (probablement une à deux classes d'àge chez les femelles, deux à trois chez les mâles) la cohérence des variations d'abondance en fonction du facteur bathymétrique paraît s'améliorer, en dépit du regroupement des deux sexes; en plus, les migrations des gros individus sont certainement liées avec la reproduction. On remarquera chez les mâles que le pourcentage de variance expliquée par ces deux modèles est du même ordre de grandeur.

Ce travail s'insérant dans une étude orientée vers la biologie des pêches, les rendements des deux espèces de crabes rouges des profondeurs ont été traités conjointement. Ceci explique l'estimation anormalement forte du nombre de femelles capturées à 900 m sur la radiale nº 7 (fig. 9). Malgré le fait que ces deux espèces soient sympatriques sur le Dôme de Kayar, les rendements globaux de ce secteur ne sont pas exceptionnellement élevés. Il se pourrait que la quantité de nourriture disponible sur ces grands fonds, constitue un facteur limitant au développement de leurs populations respectives. A ce propos, rappelons que la diète alimentaire des crabes rouges est composée par des espèces appartenant à des groupes zoologiques variés. Outre leur attirance vers les proies mortes, ce qui a été mis à profit dans les pêcheries au casier, ils exercent une pression trophique sur les animaux très peu mobiles. C'est ainsi que BEYERS et WILKE (1980) notent dans les contenus stomacaux de G. maritae, des écailles et arêtes de poissons, des restes de petits crustacés, des fragments « coquilliers » de Lepadidae (cirripèdes). Cette faible spécificité dans l'identité taxonomique de la proie se retrouve chez l'espèce voisine G. longipes, où LAGARDÈRE (1977) et MORI (1982) recensent, en plus des groupes déjà cités, des mollusques, des polychètes et des échinodermes. La raison de cette tolérance alimentaire se trouve dans la faible diversité spécifique du benthos de ces grands fonds (comparativement aux écosystèmes démersaux plus côtiers). L'acquisition de cette stratégie alimentaire se ferait dès les stades larvaires, comme le suggère l'étude expérimentale effectuée par Sulkin et van Heu-KELEM (1980) sur G. quinquedens, et permettrait à ces crabes de conquérir des biotopes très profonds. Si on peut admettre que ce caractère évolutif a favorisé G. affinis et G. marilae dans la colonisation de la pente continentale du Dòme de Kayar (radiale nº 7) par rapport aux autres espèces, le problème de leur coexistence, malgré le recouvrement de leurs niches trophiques, reste posé.

# CONCLUSION

L'utilisation des modèles d'ajustement dans l'analyse des captures au casier des crabes rouges des profondeurs permet de mieux cerner les effets propres : au facteur mensuel, au secteur géographique prospecté et, enfin, à la profondeur sur laquelle se déroule l'opération de pêche. Comme dans la majorité des études de biologie des pêches et particulièrement dans les campagnes d'évaluation des stocks, la discussion et l'interprétation des résultats ne peuvent être effectuées qu'au prix de concessions statistiques. Les estimations des niveaux pris par ces composantes restent qualitativement valables et leur utilisation dans ce sens valide nos premières observations (GAERTNER el al., 1985). Il serait, par contre, imprudent d'analyser directement des données de p.u.e. calculées à partir de ces modèles, à cause de l'accumulation des biais dus à chaque facteur.

Ces analyses ont permis de relier la baisse des rendements des géryons, observée entre novembre et janvier, à leur reproduction et de confirmer les résultats obtenus sur d'autres côtes africaines (CAYRE et BOUCHEREAU, 1977). Malgré des prises exceptionnellement élevées entre mars et juin, pouvant atteindre 25 à 28 kg/casier sur certaines radiales (nº 5, Nord-Kayar), toute prévision sur la rentabilité d'une exploitation des Géryons au Sénégal demeure hypothétique pour plusieurs raisons.

En premier lieu, il est difficile d'établir la taille minimale de capture qui serait adoptée par une pêcherie au casier. Le choix de 12 cm de largeur de carapace pour cette taille a été fait d'après l'exploitation industrielle au casier de G. maritae qui a lieu en Namibie, où BEYERS et WILKE (1980) signalent que les rejets portent sur des individus de moins de 11 cm de largeur, ainsi que sur les pêcheries de G. quinquedens de l'Atlantique Nord-Ouest (11,4 cm selon WIGLEY el al., 1975, et 11 cm d'après STONE et BAILEY, 1980). Cette valeur peut donc varier en fonction de la destination du produit (vente au détail, conserverie, etc.), modifiant ainsi sensiblement les estimations des rendements commerciaux en raison du nombre important d'individus de taille comprise entre 10 et 12 cm (fig. 12 et 13). Si toutefois, cette taille est retenue, la meilleure strate bathymétrique est celle des 700 m.

Deuxièmement, en ce qui concerne les potentialités halieutiques de ces crabes, la méconnaissance de paramètres biologiques comme le taux de croissance, la longévité et le taux de mortalité naturelle, ou encore la fécondité, amène à conserver une certaine prudence. Les quelques estimations d'abondance apparente qui ont été données dans cet article proviennent de secteurs en grande partie inchalutables, et donc souvent inexploités. Il est donc difficile de prévoir le niveau auquel vont chuter les p.u.e. à la suite d'une augmentation du vecteur de mortalité dû à la pêche.

A la différence de plusieurs auteurs, nous ne donnerons aucune estimation de la biomasse, calculée à partir des captures au casier. Non seulement l'utilisation d'un engin passif est tributaire des variations saisonnières de la disponibilité des crabes, comme il a été évoqué précédemment, mais cela conduit aussi à une mauvaise perception de la structure en taille de la population. Ainsi, une relation entre la capturabilité et la taille des individus a été mise en évidence sur une écrevisse, Cherax tenuimanus, par Morrissy (1973); d'après cet auteur, les plus gros individus, ayant des besoins énergétiques plus élevés que les petits, doivent parcourir une distance plus grande pour les satisfaire, ce qui augmenterait leur probabilité de rencontrer l'aire d'attraction d'un casier. MORRISSY (1975) donne, à cette dernière notion, un sens spatiotemporel difficilement compatible avec le calcul d'indice de densité. Il semble donc que la méthode à préconiser, dans les campagnes d'évaluation de biomasse des crabes, soit la photographie sous-marine (Miller, 1975; Wigley et al., 1975; Uzmann et al., 1977; MELVILLE-SMITH, 1983).

Bien qu'actuellement la seule exploitation des géryons au Sénégal soit l'œuvre d'une flotte de crevettiers espagnols, le développement d'une activité de pêche au casier reste possible en raison de l'exis- • tence de nombreux secteurs inchalutables. Existe-t-il des débouchés locaux, comme cela a été le cas à Abidjan (CAVERIVIÈRE, 1982), ou la production sera-t-elle destinée uniquement aux marchés extérieurs? En ce qui concerne cette deuxième possibilité. signalons que la demande en crabes du marché européen (notamment du marché espagnol), et même semble-t-il du marché japonais, demeure assez forte. Ceci permettrait l'implantation au Sénégal de ce type de pêche malgré des rendements relativement moyens par rapport à ceux provenant d'autre zones géographiques. En effet, même si globalement les rendements obtenus dans ce pays sont comparables avec ceux du Congo ou de Côte d'Ivoire, ils sont en contrepartie largement inférieurs à ceux observés lors des campagnes d'évaluation réalisées sur le talus continental angolais (DIAS et MACHADO, 1973).

#### Remerciements

Nous remercions sincèrement P. GROS (IFREMER-Brest, France) pour les nombreuses suggestions dont il a bien voulu nous faire part, ainsi que nos collègues du CRODT (ISRA) qui ont relu ce manuscrit et particulièrement P. CAYRE et A. FONTENEAU (chercheurs ORSTOM au CRODT de Dakar). Les graphiques en trois dimensions ont été faits sur une table traçante BENSON 5342, à partir d'un programme FORTRAN de P. DOUILLET (VSN ORSTOM).

Manuscrit accepté par le Comité de rédaction le 12 novembre 1985

## BIBLIOGRAPHIE

- BEYERS (G. J. de) and WILKE (C. G.), 1980. Quantitative stock survey and some biological and morphometric characteristics of the deep-sea red crab Geryon quinquedens off South West Africa. Fish. Bull. S. Afr., 13: 9-19.
- CAVERIVIERE (A.), 1982. Observations sur des pêches de crabes rouges profonds (Geryon quinquedens) effectuées au large d'Abidjan d'aoùt 1979 à avril 1981. Doc. Sc. Cent. Rech. océanogr. Abidjan, 13 (2) : 33-49.
- CAYRE (P.) et BOUCHEREAU (J. L.), 1977. Biologie et résultats des pêches expérimentales du crabe Geryon quinquedens (SMITH, 1897) au large de la république populaire du Congo. Doc. Sci. Pointe Noire (Rép. pop. du Congo) ORSTOM Nile Sér., nº 51, 30 p.
- COURSOL (J.), 1980. Technique statistique des modèles linéaires. I. Aspects théoriques, Cours du CIMPA, 277 p.
- DIAS (A. C.) and MACHADO (J. F. S.), 1973. Preliminary report on the distribution and relative abundance of

Océanogr. trop. 20 (2): 95-115 (1985).

deep-sea red crab (Geryon sp.) off Angola. Colleci. Sci. Pap. ICSEAF, 26, 12 p.

- GAERTNER (D.) et LALOË (F.), 1985. Présence de Geryon affinis (MILNE EDWARDS et BOUVIER, 1894) dans les eaux sénégalaises. Comparaison biométrique avec Geryon marilae (MANNING et HOLTHUIS, 1981). Doc. sc. CRODT Dakar, 97 : 1-20.
- GAERTNER (D.), LE HIR (Y.) et SYLLA (A.), 1985. Analyse des campagnes exploratoires de pêche au casier des crabes rouges (*Geryon maritae* MANNING et HOLTHUIS, 1981 et *Geryon affinis* MILNE EDWARDS et BOUVIER, 1894) du talus continental sénégalais. Doc. sc. CRODT Dakar, 96 : 1-44.
- HAEFNER (P. A.), 1977. Reproductive biology of the female deep-sea red crab Geryon quinquedens from the Chesapeake bight. Fish. Bull., 75 (1): 91-102.
- LAGARDÈRE (J. P.), 1977. Recherches sur la distribution verticale et sur l'alimentation des crustacés décapodes

benthiques de la pente continentale du golfe de Gascogne. Analyse des groupements carcinologiques. Bull. Cent. Etud. Rech. sci. Biarritz, 11 (4): 367-440.

- LAUREC (A.) et LE GUEN (J. C.), 1981. Dynamique des populations marines exploitées. Tome I : Concepts et modèles. CNEXO Rapp. sc. lechn. nº 45, 117 p.
- LE LœUFF (P.), CAYRE (P.) et INTES (A.), 1978. Étude du crabe rouge profond Geryon quinquedens en Côte d'Ivoire. Il Éléments de biologie et d'écologie avec référence aux résultats obtenus au Congo. Doc. scienl. Cent. Rech. océanogr. Abidjan, 9 (2): 17-65.
- MANNING (R. B.) and HOLTHUIS (L. B.), 1981. West Africain Brachymran crabs (crustacea decapoda). Smithonian cont. zool., 306 : 108-118.
- MELVILLE-SMITH (R.), 1983. Abundance of deep-sea red crab Geryon marilae in south west african waters from photography. S. Afr. J. Mar. Sci., 1: 123-131.
- MILLER (R. J.), 1975. Density of the commercial spider crab, *Chionoeceles opilio*, and calibration of effective area fished per trap using bottom photography. J. Fish. Res. Bd Can., 32: 761-768.
- Monod (T.), 1956. Hippidea et Brachyura ouest Africain. Mem. IFAN Dakar, 45 : 674 p.
- MORI (M.), 1982. Alimentary rhythms in Geryon longipes A. MILNE EDWARDS, 1881 (Crustacea : Decapoda : Brachyura). Quad. Lab. Technol. Pesca, 3 (2-5) : 169-172.
- MORI (M.) and RELINI (G.), 1982. Maling behaviour of Geryon longipes A. MILNE EDWARDS 1881 (Crustacea : Decapoda : Brachyura) in captivity. Quad. Lab. Technol. Pesca, 3 (2-5) : 173-178.

- MORRISSY (N. M.), 1973. Normal (gaussian) response of juvenile marron, Cherax lenuimanus (SMITH) (Decapoda: Parastacidae), to capture by baited sampling units. Ausl. J. mar. freswat. Res., 24 : 183-195.
- MORRISSY (N. M.), 1975. The influence of sampling intensity on the «catchability» of marron Cherax lenuimanus (SMITH) (Decapoda : Parastacidae). Aust. J. mar. freshwal. Res., 26: 47-73.
- STONE (W.) and BAILEY (R. F. J.), 1980. A survey of the red crab resource on the continental slope N.E. George bank and western Scotian Shelf. *Can. Tech. Rep. Fish. Aqual. Sci.*, 977, 12 p.
- SULKIN (S. S.) and VAN HEUKELEM (W. F.), 1980. Ecological and evolutionary significance of nutritional flexibility in planktotrophic larvae of the deep-sea red crab Geryon quinquedens and the stone crab Menippe mercenaria. Mar. Ecol. (Prog. Ser.), 2 (2): 91-95.
- THIAM (D.), CAVERIVIÈRE (A.) et THIAM (M.), 1983. La pèche des crevettiers espagnols au large du Sénégal en 1980 et récapitulatif sommaire des résultats pour la période 1977-1980. Doc. sc. CRODT Dakar, 91 : 1-35.
- UZMANN (J. R.), COOPER (R. A.), THEROUX (R. B.) and WIGLEY (R. L.), 1977. - Synoptic comparison of three sampling techniques for estimating abundance and distribution of selected megafauna : submersible VS Camera slev VS otter trawl. Mar. Fish. Rev., 39 (12) : 11-19.
- WIGLEY (R. L.), THEROUX (R. B.) and MURRAY (H. E.), 1975.
  Deep-sea red crab Geryon quinquedens survey off Northeastern United States, Mar. Fish. Rev., 37 (8): 1-21.

# ANNEXE 1

Graphes des résidus inexpliqués en fonction de la valeur ajustée (modèle n° 1) pour les rendements pondéraux, en nombre de mâles, en nombre de femelles et pour les gros individus

Graphs of residual deviations against predicted values (model nº 1) for various yields: ponderal, number of males, number of females, number of commercial-sized crabs



Océanogr. trop. 20 (2): 95-115 (1985).

## ANNEXE 2

## TABLEAU A

Nombre d'opérations de pêche, par mois et par cellules spatiales, ayant servi pour l'étude des rendements pondéraux et des femelles Number of trap settings, by months and by spatial cells, used for studying ponderal and female yields

MOIS	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
OBS.	10	28	19	16	20	15	24	8	7	9

R Z (m)	CASA. 1	S.Gb 2	N.Gb 3	MBOUR 4	N. KAY. 5	PEULH 6	De KAY. 7
300	4	4	4	10	10	5	5
500	4	4	4	11	10	4	4
700	3	3	3	9	10	5	5
900	3	3	2	9	9	5	4

## TABLEAU B

Nombre d'opérations de pèche, par mois et par cellules spatiales, ayant servi pour l'étude des rendements des màles Number of trap settings, by months and by spatial cells, used for studying male yields

MOIS	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
OBS.	5	21	15	12	15	11	18	6	5	6

R Z(m)	CASA. 1	S.Gb 2	N. Gb 3	MBOUR 4	N. KAY. 5	PEULH 6	DeKAY. 7
500	4	4	4	11	10	4	4
700	3	3	3	9	10	5	5
900	3	3	2	9	9	5	4

## TABLEAU C

Nombre d'opérations de pêche, par radiales et par cellules « mois-profondeur », ayant servi pour l'étude des rendements en crabes commercialisables (largeur carapace  $\ge 12$  cm)

Number of Irap settings, by transects and by month-bathymetry cells for studying commercial-sized yields (carapace width > 12 cm)

RAD	CASA.	S.Gb 2	N.Gb 3	MBOUR 4	N.KAY 5	PEULH 6	DeKAY 7			
Obs.	14	14	13	39	39	19	18			
v	0	N	D	<u>г</u>	F	м		м	1 T	TT
м Z(m)	10	11	12		2 2	3	4	5	6	7
300	5	7	4	4	5	4	6	2	2	3
500	5	5	5	4	5	4	6	2	2	3
700	0	8	5	4	5	4	6	2	1	3
900	0	8	5	4	5	3	6	2	2	0