

# Journal of the Marine Biological Association of India

ABBREVIATION : *J. mar. biol. Ass. India*

VOL. 16

April 1974

No. 1

## ASPECTS ECOLOGIQUES DU PLANCTON ET DU MICRONECTON DANS L'EST DE L'OCEAN INDIEN\*

M. LEGAND, P. BOURRET, J. A. GUEREDRAT, A. MICHEL, R. REPELIN, et C. ROGER  
*Centre ORSTOM de Nouméa (Nouvelle Calédonie)*

### ABSTRACT

The CSIRO Division of Fisheries and Oceanography undertook a series of six cruises at two-months intervals, along the 110°E and between 32° and 9°S, of which the principal aim was to assess the effects of changes in the hydrological environment on main biological components. The present paper deals with data from 93 hauls with a 5 ft. pelagic Isaacs-Kidd midwater trawl (mesh width of the cod-end 0.366 mm), and represent an effort to combine partial results, already published by the Centre ORSTOM of Noumea, into a coherent whole.

A quantitative analysis was carried out when organisms from the samples had been separated into four categories : plankton, macroplankton, micronekton and gelatinous organisms. Results display succession in time of peak abundances of those trophic levels originating with the June-July phytoplankton spring.

Analyses of different groups on a species level show that distributions of certain organisms and characteristics of water masses and surface currents as evidenced by Rochford (1969), in that region are related.

The Stomatopod larvae and the epipelagic Copepods apparently follow the movements of water masses of the South Equatorial Current and the West Australian Current which are the more-noticeable features of the surface (0-50 m) circulation. Most of the Copepods, Phronimidae, and some Fishes like *Vinciguerria nimbaria* appear to be distributed in relation with subsurface (100-200 m) low oxygen tropical and subtropical waters. Two species of deep-water Copepods supersede each other at 12°S which is an approximative latitudinal limit for two subsurface (200-500 m) waters. The distribution of Euphausiid species according to the different regions of the Temperature-Oxygen diagram shows their relationships with the hydrological properties along the 110° E meridian.

In some instances no clearcut connection with the upper 500 m waters could be established : such species probably undertake diurnal migrations of a large amplitude and their distributions could be under the influence of deeper water.

The seasonal fluctuations of abundance are often related to the reproductive cycles of the different species and differ somewhat in the North and the South of the prospected zone. In the northern part of that zone, the main reproductive period extends from September to December and is sometimes followed by a secondary peak of reproduction ; however, some groups may have more than two maxima of sexual activity and some may even reproduce all the year round. In the south there is only one maximum which frequently occurred later than in the north.

That type of survey could afford some evidence on latitudinal distributions, since one must keep in mind that it is difficult to assign the observed variations to fluctuations of the same population rather than to possible migrations across the meridian of various communities drifting with east-west surface and subsurface currents.

\* Presented at the 'Symposium on Indian Ocean and Adjacent Seas—Their Origin, Science and Resources' held by the Marine Biological Association of India at Cochin from January 12 to 18, 1971.

## INTRODUCTION

DURANT une année (Août 1962-Août 1963) six 'croisières biologiques saisonnières' dans l'est de l'Océan Indien furent organisées par le CSIRO<sup>1</sup>. Le Centre ORSTOM<sup>2</sup> de Nouméa conçut et réalisa le programme des prélèvements au chalut pélagique.

Le plancton et le micronecton ainsi récoltés ont fait l'objet d'une étude sur la biomasse du macroplancton et du micronecton (Legand, 1969) et de travaux particuliers sur les Copépodes (Gueredrat, 1971), les *Phronimidae* (Repelin, 1970), les Euphausiacés (Roger, 1966), les larves de Stomatopodes (Michel, 1968), les Leptocephales (Castle, 1969) et les Poissons mésopélagiques (Legand, 1967; Legand et Rivaton, 1967 et 1969). Nous reprenons ici l'essentiel de ces données et résultats dans une étude générale.

## METHODOLOGIE

Les six croisières furent exécutées, tous les deux mois environ, le long d'une radiale située sur le méridien 110° E de 9° 30'S à 32° S. Les stations de biologie furent occupées tous les 1° 30' de latitude, (Fig. 1). Les pêches pélagiques furent program-

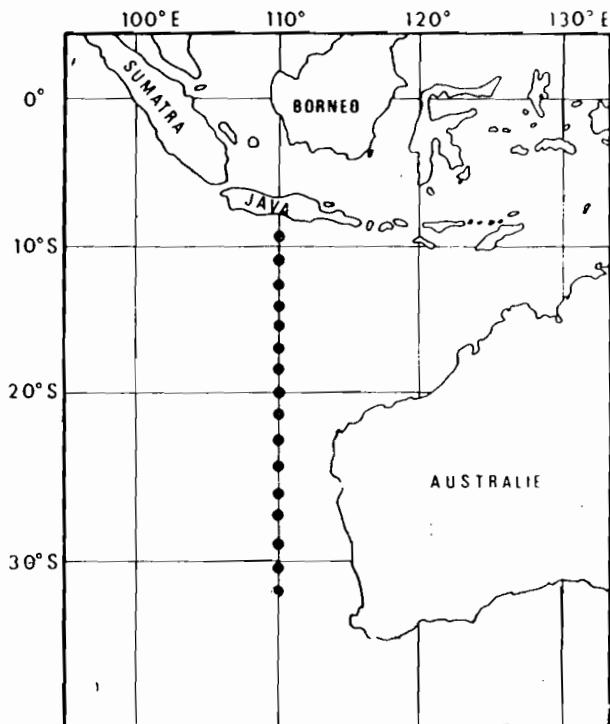


Fig. 1. Position des stations.

<sup>1</sup> Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization.

<sup>2</sup> Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer.

mées tous les soirs vers 22h.00. L'épaisseur de la couche prospectée était de 200 m. L'engin en utilisation était un chalut ' Isaacs-Kidd ' de 5 pieds (1·5 m) d'envergure, équipé d'un bathymètre (Hamon, Tranter et Héron, 1963). Le filet était composé de deux parties : une section principale comportant des mailles de 12 mm (étirées) et une section terminale conique de 50 cm de diamètre à mailles n°2 (0·366 mm). La manœuvre du navire était effectuée de façon à obtenir un trait oblique du chalut à une vitesse d'environ trois noeuds.

Les échantillons provenant de 93 prélèvements ont été conservés dans du formol neutre à 10%.

Les travaux nécessitant l'intervention de données quantitatives comparables d'une collecte à l'autre, un facteur de correction a été calculé en fonction de l'importance de la colonne d'eau filtrée à chaque trait.

#### ETUDE DESCRIPTIVE

##### *Generalités*

Pour chaque échantillon les organismes récoltés ont été arbitrairement répartis en quatre catégories que nous appellerons dans ce qui suit : macroplancton, micronecton, plancton et organismes gélatineux et dont les volumes ont été mesurés par déplacement.

La catégorie 'plancton' est composée de petits organismes de taille faible (Copépodes, Ostracodes,...) ainsi que des stades larvaires d'animaux classés dans les autres catégories (Crustacés principalement).

A la fin de ce premier triage les groupes ci-dessous ont été comptés et pesés :

Pourcentage moyen  
du poids sec des  
échantillons

##### (a) *Macroplancton*

Chaetognathes .....	2·3
Hétéropodes .....	0·3
Ptéropodes gymnosomes }	2·6
Ptéropodes thécosomes }	
Phronimes .....	0·2
Amphipodes autres que Phronimes .....	1·3
Euphausides .....	5·2
Carides .....	10·1
Sergestides .....	4·9
Pénéides .....	1·3
Larves de Stomatopodes .....	1·2
Larves Phyllosomes .....	0·1
	—
	29·5

Pourcentage moyen  
du poids sec des  
échantillons

(b) *Micronecton*

Poissons .....	34·3
Leptocephales .....	3·8
Larves de Poissons autres que Leptocephales .....	3·1
Céphalopodes .....	2·1
	43·3

(c) *Organismes gelatineux* .....

3·4

(d) *Plancton* .....

23·8

Si l'on ne considère que les poids secs de ces quatre catégories, on peut observer que leurs distributions géographiques se classent en trois types principaux (Fig. 2).

- un seul maximum au nord de la radiale : plancton et grands Crustacés du macroplancton
- un maximum principal au nord et un maximum secondaire vers 24°S : micronecton
- un maximum principal au sud et un maximum secondaire vers 24°S : organismes gélatineux.

On notera de plus une variation en latitude marquée du poids individuel moyen de certains organismes holoplanctoniques, à l'intérieur de chaque groupe les plus grandes tailles moyennes se trouvant :

- . au nord de la radiale : (Hétéropodes, Poissons et la plupart des grands Crustacés : Carides, Sergestides, Euphausides)
- . au centre de la radiale : (Annelides et Ptéropodes)
- . au sud de la radiale : (Céphalopodes, Chaetognathes et Pénéides).

La majorité des groupes du macroplancton et du micronecton ont une distribution saisonnière bimodale tant pour les nombres d'organismes récoltés que pour les biomasses correspondantes.

Les fréquences maximales, composées des animaux les plus jeunes, sont concentrées dans la période d'Août à Novembre tandis que des maxima secondaires composés d'animaux plus grands, semblent les précéder de six à neuf mois dans la majorité des cas. Les périodes défavorables au plus grand nombre de groupes seraient : Février—Mars dans le nord de la radiale, Mai-Juin dans le sud, Septembre dans le nord et le centre (Fig. 3).

En Septembre 1962 une chute soudaine de biomasse dans tous les groupes, à l'exception des organismes gélatineux, a affecté la presque totalité de la radiale.

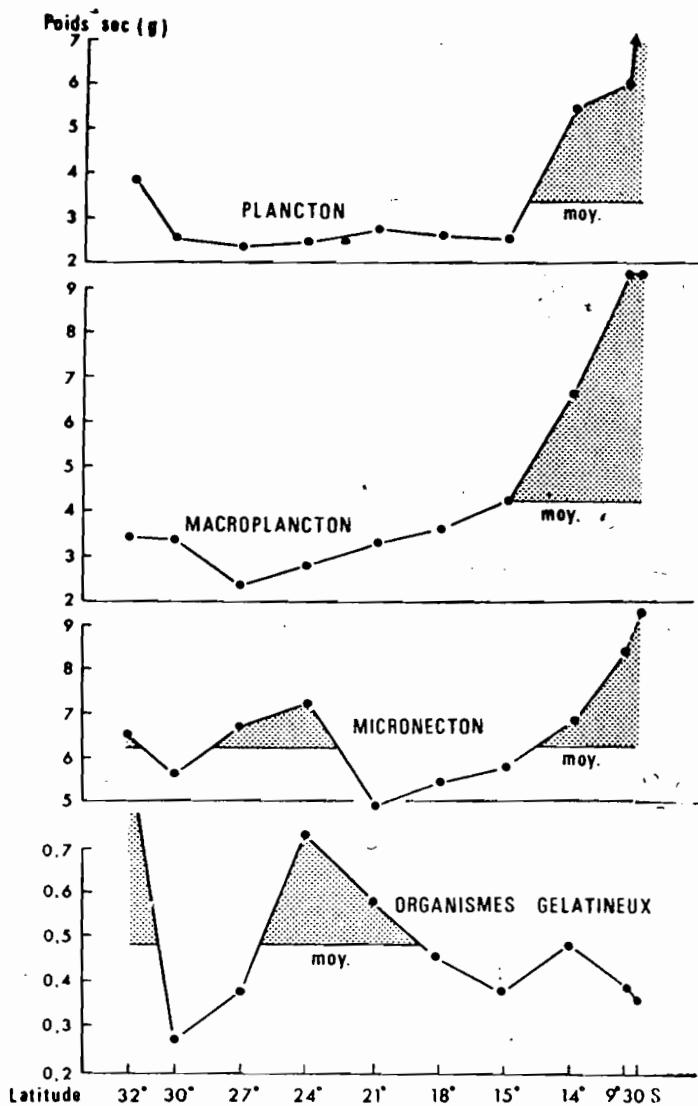


Fig. 2. Variations latitudinales des moyennes annuelles, en poids sec, par trait, des quatre catégories récoltées.

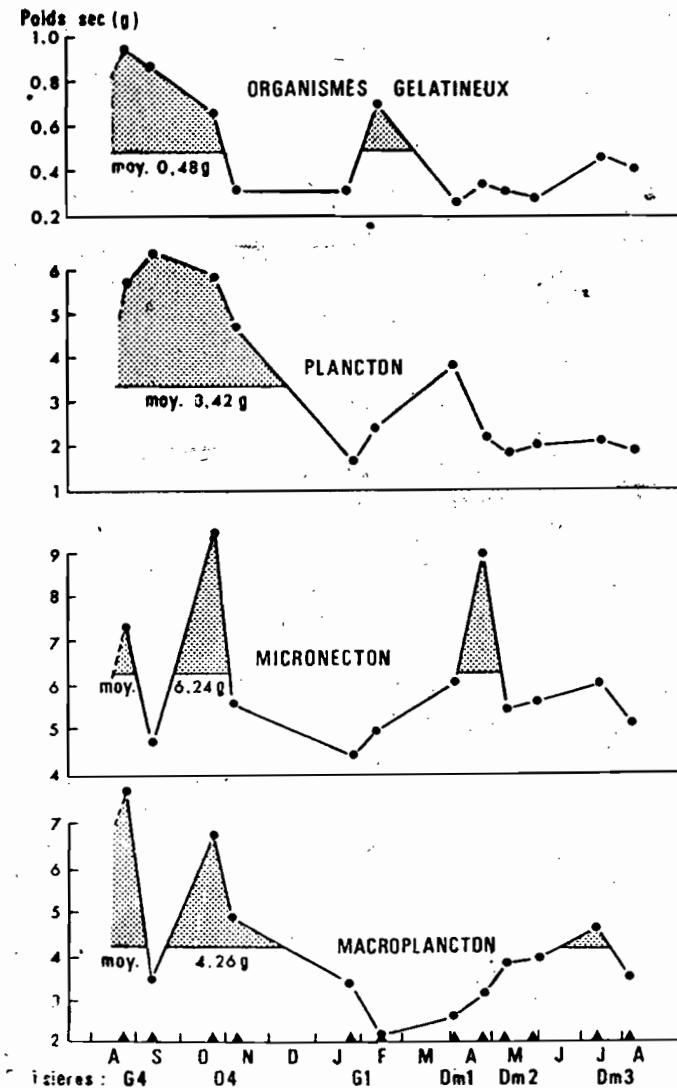


Fig. 3. Variations saisonnières des moyennes par radiale, en poids sec, par trait des quatre catégories récoltées.

### Copépodes

La maille n°2 du cul de chalut a permis de récolter pour l'ensemble des croisières plus de 250,000 Copépodes. Parmi les Calanoïdes qui forment l'essentiel de ce groupe, 100 espèces ont été inventoriées et les 39 plus représentatives, tant du point de vue quantitatif que du point de vue écologique, ont fait l'objet de comptages (Gueredrat, 1971). Numériquement l'ensemble des Copépodes présente une distribution où les fréquences annuelles décroissent du nord au sud assez lentement, puisque la moyenne annuelle des effectifs ne diminue que de moitié du nord au sud, et cette décroissance n'est pas décelable de Septembre à Novembre (Fig. 4).

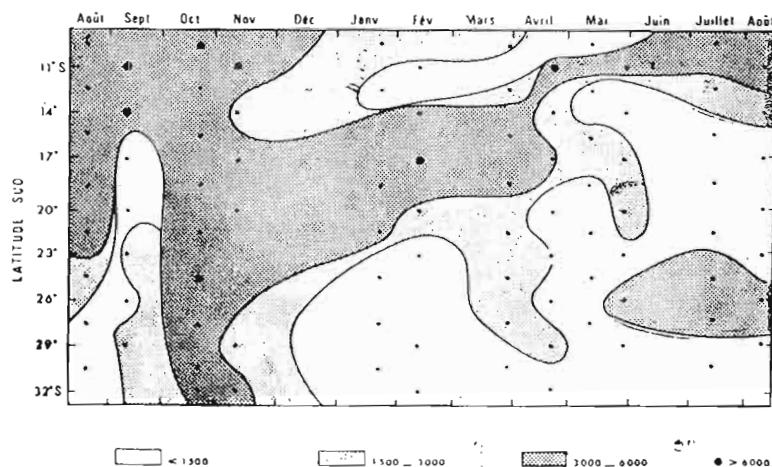


Fig. 4. Distribution latitudinale et saisonnière des effectifs des Copépodes Calanoïdes.

Au niveau des espèces les variations latitudinales moyennes pour l'année sont généralement plus marquées. Deux limites des distributions apparaissent approximativement à 14°S et 26°S, et nous pouvons distinguer les six types principaux de distribution qui sont énumérés ci-dessous.

1. Espèces dont les maxima de distribution sont uniquement situés au nord de la radiale (approximativement au nord de 14°S) : *Undinula vulgaris*, *Paraeuchaeta russelli*, *Labidocera acuta*, *Candacia pachyactyla*, *Rhincalanus cornutus*, *Scolecithrix danae*, *Pleuromamma quadrungulata*, *Lophothrix latipes* et *Euchaeta marina*. Les trois premières espèces n'existent d'ailleurs qu'au nord de 14° S.
2. Espèces dont les maxima de distribution sont situés au centre de la radiale (14°S à 26°S) : *Haloptilus spiniceps*, *Neocalanus robustior*, *Euchirella brevis*, *Arietellus aculeatus*, *Labidocera detruncata* et *Eucalanus attenuatus*.
3. Espèces ayant une légère dominance d'abondance au sud : *Pleuromamma abdominalis*, *Undeuchaeta plumosa*, *Euchaeta media*, *Chirundina streetsi*, *Euchirella messinensis*, *Undeuchaeta major* et *Candacia bipinata*.

4. Espèces dont les maxima de distribution sont uniquement situés au sud de la radiale (approximativement 26°S) : *Candacia oethiopica*, *Rhincalanus nasutus*, *Euchaeta pubera*.
5. Espèces également réparties sur toute la radiale : *Pleuromamma xiphias*, *Scotocalanus securifrons*, *Euchirella bitumida* et *Euchirella curticauda*.
6. Espèces bimodales ayant leurs maxima au nord et au sud : *Euchirella rostrata* et à un moindre degré de différenciation *Undeuchaeta plumosa*.

Sur le plan saisonnier l'ensemble des Copépodes (Fig. 4), montre un maximum d'abondance très net d'Août à Novembre dans le nord et limité à la fin de cette période dans le sud, suivie d'une légère recrudescence de Mars à Juin. Le maximum principal printanier avec son léger décalage dans la partie sud se retrouve pratiquement pour toutes les espèces, alors que le maximum secondaire s'observe surtout chez les espèces nordiques, ou dans la population septentrionale des espèces plus largement réparties.

#### *Euphausiacés*

Suivant la méthodologie employée on peut penser que sur le plan quantitatif les Euphausiacés sont capturées de manière significative pour les individus dont le poids individuel moyen est supérieur à 10 mg environ.

La distribution annuelle de la biomasse totale (Fig. 5) fait apparaître, à l'exception d'un pic isolé en Mai à 23°S dû à la seule espèce *Thysanopoda tricuspidata*, d'une part : une plus grande richesse de la moitié nord de la radiale, d'autre part : une abondance maximale en Septembre-Novembre. Pour l'ensemble des stations, la biomasse moyenne par trait de 60 minutes s'élève à 11·3 grammes (poids humide).

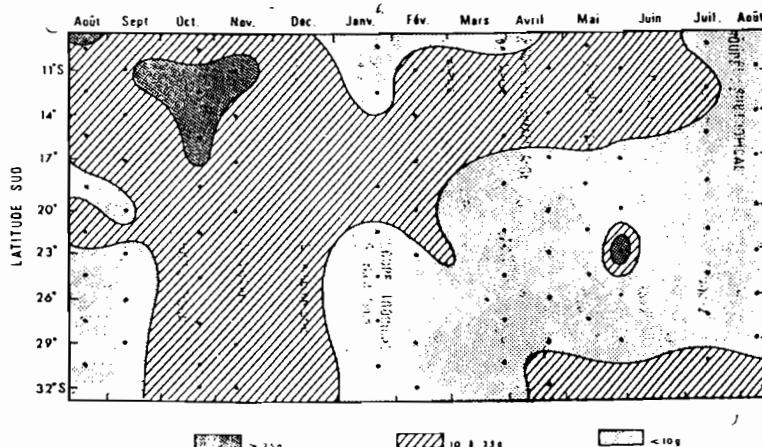


Fig. 5. Distribution latitudinale et saisonnière des Euphausiacés (Biomasses en grammes)

Sur les quelque 44,000 spécimens récoltés, seules les espèces du genre *Thysanopoda* ont été étudiées en détail. Ce genre est en effet constitué par des organismes de grande taille, particulièrement bien échantillonnés par le chalut IKMT, et qui représentent

plus de 50 % de la biomasse totale des Euphausiacés capturées entre 10 et 23°S, dépassant sporadiquement 80 % ; son importance ne décroît que légèrement au nord de 10°S, mais par contre, au-delà de 29°S il ne s'inscrit plus que pour moins de 20 % du total, le genre *Euphausia* devenant alors prédominant (Fig. 6). Sept espèces de

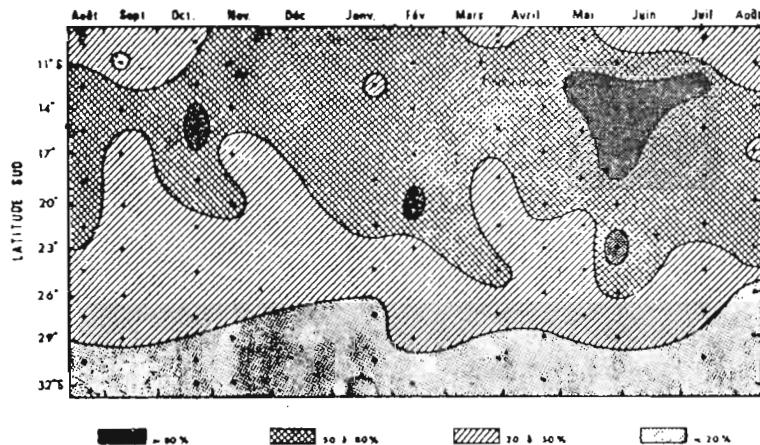


Fig. 6. Distribution latitudinale et saisonnière du pourcentage du genre *Thysanopoda* par rapport à l'ensemble des Euphausiacés.

*Thysanopoda* ont été reconnues, (Boden, Johnson et Brinton, 1955) ; l'identification des femelles de *T. subaequalis* s'avérant incertaine, cette espèce n'a pas été séparée de *T. aequalis* dont elle est très proche (Boden et Brinton, 1957).

- *T. tricuspidata* s'établit préférentiellement entre 10 et 23°S ; la limite sud de répartition se situe vers 29°S. 2671 spécimens ont été récoltés.
- *T. monacantha* se révèle sensiblement plus septentrionale, avec une abondance maximale entre 9 et 19°S. L'espèce se rencontre néanmoins jusqu'à 29°S, et 1549 individus ont été capturés.
- *T. aequalis* — *T. subaequalis* (au total 3732 organismes) présentent une aire de distribution très vaste, peut-être en raison du fait que les zones peuplées par ces deux espèces ne coïncident pas exactement. On les rencontre sur toute l'étendue de la région prospectée, avec un maximum entre 15 et 25°S.
- *T. obtusifrons*, représentée par 1342 spécimens se distribue au centre de la zone couverte ; particulièrement abondante entre 14 et 29°S, elle disparaît à la fois au nord de 10°S et au sud de 32°S.
- *T. pectinata* a été capturée en trop faible quantité (65 individus) pour se prêter à une étude de distribution. L'espèce paraît néanmoins plus abondante dans la moitié nord de la région.
- les 11 *T. cristata* récoltées se répartissent sur l'ensemble de l'aire prospectée. On peut noter que cette espèce profonde n'a pu être que très mal échantillonnée par des traits ne dépassant pas la profondeur de 200m.

La biomasse moyenne d'Euphausiacés par station en fonction de la saison s'établit de la manière suivante (poids humides, en grammes) :

Août-Septembre : 12 g. — Octobre-Novembre : 21 g. — Janvier-Février : 8 g. — Avril : 9 g. — Mai-Juin : 11 g. — Juillet-Août : 8 g.

on constate que l'amplitude maximale de la variation chiffrable par un facteur de 2·6 est faible.

Toutes les espèces participent à la rechesse de la période Octobre-Novembre. L'abondance se prolonge jusqu'en Février-Mars pour *T. monacantha*, tandis que *T. tricuspidata* montre en plus une valeur isolée très forte en Mai-Juin.

#### *Poissons Et Larves De Poissons*

Les 23 espèces de Poissons présentes dans plus de 20% des stations ont été classées, d'après la position en latitude de leur maximum annuel d'abondance, en quatre groupements, qui correspondent, ne l'oublions pas, beaucoup plus à la description des échantillons, qu'à la biologie des espèces (Fig. 7).

Groupe subtropical : *Lampanyctus alatus*  
*Benthosema simile*  
*Scopelopsis multipunctatus*

Groupe intermédiaire : *Diaphus diadematus*  
*Notolynchus valdiviae*  
*Vinciguerria nimbaria*  
*Ctenoscopelus phengodes*  
*Hygophum reinhardti*  
*Idiacanthus fasciola*  
*Lampanyctus pyrsobolus*  
*Melamphaes suborbitalis*  
*Lampanyctus niger*

Groupe tropical : *Gonostoma rhodadenia*  
*Diplophos taenia*  
*Lampanyctus macropterus*  
*Diaphus lutkeni*  
*Diaphus microps*

Groupe 'bimodal' : (deux maxima d'abondance de latitudes différentes, mais aussi, espèces à maxima peu nets)  
*Chauliodus sloanei*  
*Ceratoscopelus tocourendi*  
*Valenciennellus tripunctulatus*  
*Bregmaceros maclellandi*  
*Ichthyococcus ovatus*  
*Diaphus rafinesquei*

Notons que les espèces ne sont représentées ici que par leurs adultes et stades juvéniles; les larves sont en effet beaucoup plus dispersées géographiquement et ajouter leurs nombres et occurrences tendrait à diminuer l'importance relative des maxima.

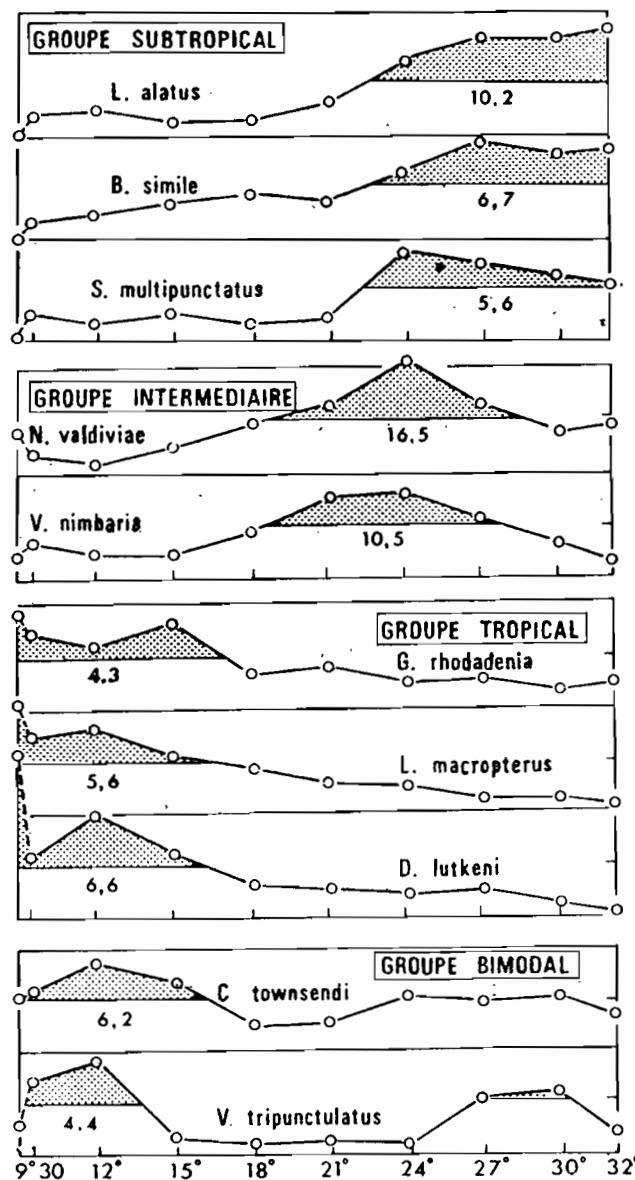


Fig. 7. Variations latitudinales des moyennes annuelles des effectifs des Poissons.

Ainsi la distribution des adultes de *Vinciguerria attenuata* est très nettement bimodale, surtout si l'on considère le grand nombre de ces Poissons capturés sur ce même méridien et dans les mêmes conditions autour de 40°S : l'adjonction des larves en ferait plutôt une espèce intermédiaire. *Vinciguerria poweriae* est une espèce typiquement subtropicale, mais les adultes ne dépassent pas 27°30'S alors que les larves de cette espèce se rencontrent jusqu'à 23°00'S.

Au total il semble que des maxima d'abondance peuvent caractériser des régions bien délimitées de la radiale. La frontière de l'ichthyofaune tropicale et du stock nord des espèces franchement bimodales apparaît nettement marquée entre 15° et 18°S, celle du groupement subtropical entre 24° et 26°, les espèces intermédiaires, les plus abondantes, se développant de 20° à 26°.

Prenant comme estimation du degré des exigences écologiques le coefficient de variation de la fréquence moyenne observée par station d'occurrence (Legand, 1969), on remarque que les espèces tropicales et subtropicales, où les Myctophidés dominent, paraissent écologiquement moins tolérantes que les espèces intermédiaires plus fréquemment capturées par nos méthodes.

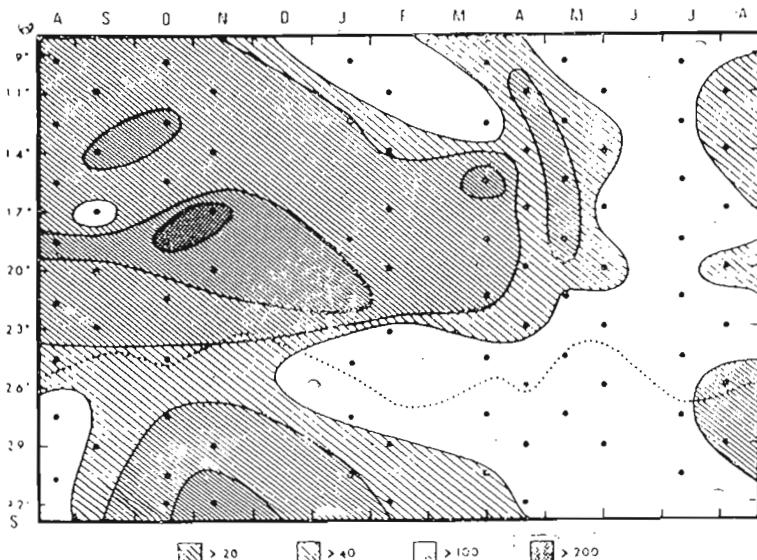


Fig. 8. Distribution latitudinale et saisonnière des effectifs des *Phronimidae* ... lin i.e des eaux tropicale et subtropicale à teneur minimale oxygène dissous.

Ces groupements géographiques se distinguent aussi les uns des autres par le cycle annuel de leurs abondances. Si pour toutes les espèces les variations quantitatives semblent identiques d'Août à Janvier (maximum en Octobre suivi d'un minimum en Décembre-Janvier), on note d'importantes différences à partir de Janvier : d'une part, les espèces intermédiaires, *Vinciguerria nimbaria* en particulier, alternent alors en abondance avec les espèces subtropicales, d'autre part, lorsqu'existe un second maximum bien individualisé, il apparaît d'autant plus précocement que l'espèce est plus nordique. On observera aussi que les cycles des espèces tropicales et subtropicales sont plus contrastés que ceux des espèces intermédiaires.

### *Phronimides*

Les 8 espèces généralement admises par les auteurs ont été reconnues parmi les 4200 spécimens collectés.

Leur répartition géographique met en évidence deux aires de concentration disposées de part et d'autre d'une région aux populations clairsemées s'étendant de 23 à 26°S (Fig. 8).

Compte tenu des distributions spécifiques il est possible de reconnaître 3 groupes (Fig. 9) :

1. Espèces résidant principalement dans les eaux situées au nord de 23°S : *Phronima solitaria*, *P. curvipes* et *P. pacifica*.
2. Espèce se localisant exclusivement au sud de 26°S : *P. colletti*
3. Espèces à double répartition : *Phronima sedentaria*, *P. atlantica*, *P. stebbingi* et *Phronimella elongata*.

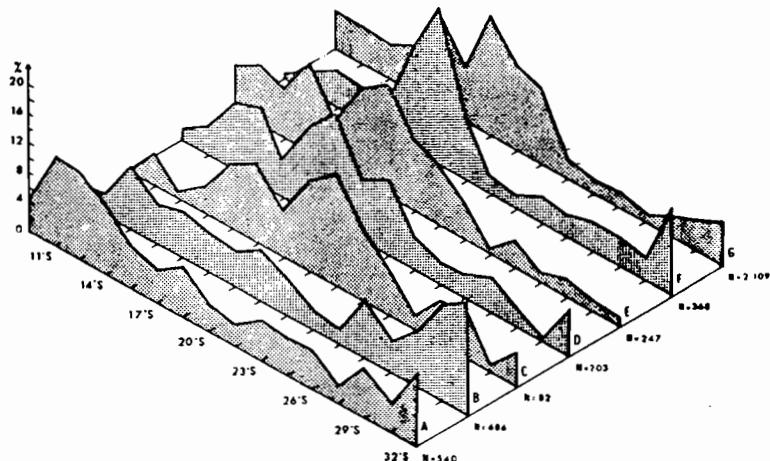


Fig. 9. Variations latitudinales des moyennes annuelles des effectifs, par traits, A : *Phronima sedentaria*, B : *P. atlantica*, C : *P. solitaria*, D : *P. pacifica*, E : *P. curvipes*, F : *P. stebbingi*, G : *Phronimella elongata*.

Sur le plan de l'évolution saisonnière on relève pour l'ensemble des *Phronimidae* un maximum principal au printemps. Toutefois, des proliférations secondaires peuvent prendre place également en automne.

### Larves De Stomatopodes

Ces organismes meroplanctoniques ont été rencontrés sur la radiale dans 89 % des traits. 793 larves ont été examinées; 703 appartenant à 3 familles (Tableau 1) ont été séparées en 17 espèces, à l'intérieur desquelles différents stades ont été reconnus; la systématique des larves de Stomatopodes est encore mal connue et sur les 18 espèces individualisées 9 seulement ont été raccordées aux adultes correspond-

TABLEAU 1.

	Lysiosquillidae	Squillidae	Gonodactylidae
Espèces	<i>Coronida</i> ? sp.	<i>Oratosquilla holoschista</i> (Kemp, 1911)	<i>Pseudosquilla oculata</i> (Brullé, 1836-44)
Nord 9°S à 20°S		<i>Oratosquilla woodmasoni</i> (Kemp, 1911) sp. C sp. G	
Espèces Sud 20°S à 32°S		sp. B	<i>Pseudosquillopsis</i> sp.?
Espèces ambivalentes	<i>Lysiosquilla</i> <i>sulcirostris</i> (Kemp, 1913)	sp. A sp. D <i>Harpiosquilla raphidea</i> (Fabricius, 1798) sp. E sp. H	<i>Pseudosquilla ciliata</i> (Fabricius 1787) <i>Odontodactylus brevirostris</i> (Miers, 1884)
		<i>Alima hyalina</i> (Leach, 1817)	

ants. Les séries larvaires de chaque espèce sont incomplètes les premiers stades sont absents probablement à cause de l'éloignement des côtes de l'ensemble des stations.

Du Nord au Sud, (Fig. 10), en s'éloignant de la côte de Java, on trouve une zone où les larves sont abondantes et on observe ensuite une décroissance régulière jusqu'à 16°S; à partir de 20°S la radiale devient parallèle à la côte australienne, la répartition est alors plus homogène avec toutefois un léger maximum vers 28°S. Cette distribution rend compte de l'importance de la position des stations par rapport aux côtes et laisse entrevoir de part et d'autre de 18°S l'existence de deux groupes de larves l'un originaire des îles de la Sonde et l'autre de la côte australienne.

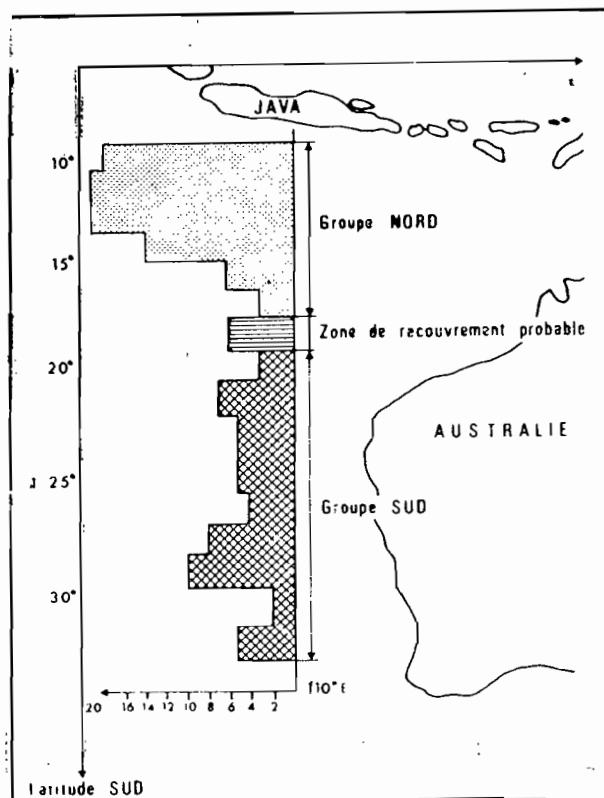


Fig. 10. Variations latitudinales des moyennes annuelles des effectifs, par trait, des larves de Stomatopodes.

La distribution des espèces apporte une confirmation à l'existence de ces deux groupes (Tableau 1). En effet, cinq espèces sont représentées uniquement entre 9°S et 20°S et deux espèces entre 18°S et 32°S ; huit sont observées dans les deux zones. L'inter-pénétration des deux groupes semble se situer suivant les croisières entre 17°S et 20°S, la limite moyenne étant 18°S. De plus dans la zone nord, la fréquence maximale s'étale sur une longue période d'Avril à Novembre alors que dans le Sud elle est limitée de Mars à Juin.

### VARIATIONS LATITUDINALES D'ABONDANCE

D'après Rochford, au point de vue hydrologique, la zonation verticale moyenne sur la radiale de la surface à 500 mètres comprendrait trois couches distinctes pour lesquelles les variations latitudinales sont différentes. Les limites approximatives de ces couches sont respectivement 0-50 mètres, 50-200 et 200-500 mètres. Les traits ayant toujours été effectués à la même heure et n'échantillonnant qu'une seule couche nous ne disposons d'aucune information directe sur la distribution verticale et les migrations des espèces récoltées. Aussi nous tenterons seulement de mettre en évidence les relations qui peuvent exister entre les distributions observées et la répartition des masses d'eaux dans les différentes couches.

La couche de surface est dominée au Nord de 18°S par le courant équatorial sud, portant à l'ouest, qui voit son extension fluctuer et se réduire en période estivale sud, portant au nord de 10°S du contre courant de Java (eaux dessalées et plus chaudes) portant vers l'est et l'extension vers le Nord de l'eau subtropicale qui

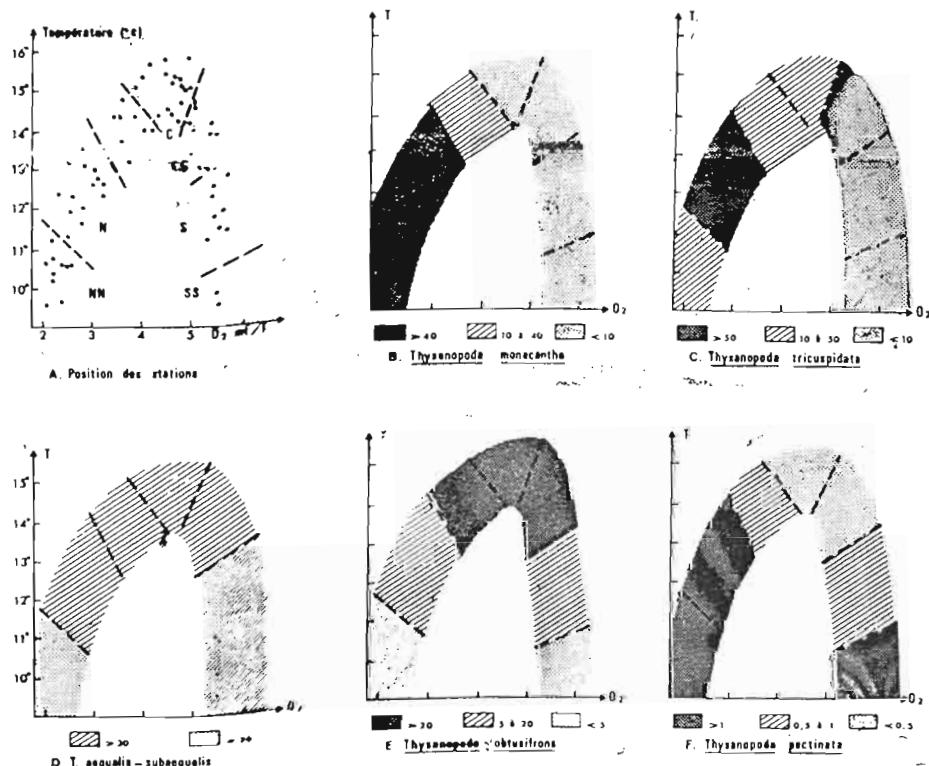


Fig. 11. Distribution des espèces d'Euphausiacés dans le diagramme température-Oxygène à 300 m (nombre moyen d'individus par station). A : NN : Extrême Nord, N : Nord, CN : Centre Nord, C : Centre, CS : Centre Sud, SS : Extrême Sud.

constitue le courant ouest australien et occupe la partie sud de la radiale. La limite sud de ce dernier courant a sa position la plus nordique d'Octobre à Janvier, et la plus sud en Mai. Ces fluctuations correspondent sans doute à des circulations complexes (Rochford, 1969), dont certaines composantes nord-sud seraient

susceptibles d'amener sur la radiale des eaux ayant baignées les côtes australiennes, d'autres au contraire apportent des eaux océaniques du sud-ouest.

Les larves de Stomatopodes qui dérivent des côtes forment de bons indicateurs de la circulation superficielle et leur distribution est en effet calquée sur le schéma des courants de surface. Dans la partie nord de 9° S à 18° S leur maximum de Mai à Octobre correspond à la période pendant laquelle le courant équatorial sud connaît son maximum d'intensité et d'extension vers le sud. Leur minimum de Janvier à début Avril correspond à l'action du contre courant de Java qui empêche alors la dérive nord-sud des larves. Dans la partie sud de 18° S à 32° S, le maximum de Mai correspond à l'existence d'un courant nord-sud baignant les côtes australiennes. Le minimum d'Octobre à Janvier est en relation avec les courants d'eaux subtropicales qui venant du sud-ouest ne sont pas susceptibles de se mélanger avec des eaux côtières. La distribution des larves phyllosomes (Chittleborough et Thomas, 1969) présente de grandes analogies avec celle de Stomatopodes.

Pour les organismes holoplanctoniques un certain nombre d'espèces semble aussi avoir des distributions influencées par l'hydrologie de cette couche. Parmi eux on pourrait citer les espèces de Copépodes dont les effectifs maximaux sont limités au Sud à 14°. Plus précisément *Undinula vulgaris*, *Undinula darwini* et *Candacia pachydactyla* sont des espèces néritiques et dérivent très probablement des côtes voisines. Ajoutons aussi *Rhincalanus cornutus* qui, quoique océanique, est superficielle comme les précédentes.

La fréquence élevée des organismes meroplanctoniques et des espèces néritiques, en particulier dans la partie nord de la radiale, montre l'intensité des mélanges qui peuvent exister entre les eaux côtières et les eaux du large sous l'action des courants superficiels.

la couche de 50 à 200 m est caractérisée (Rochford, 1969) par des eaux à minimum d'oxygène d'origines différentes, qui permettent de distinguer de part et d'autre de 26° S l'eau tropicale (20-26°C et 34.50-35.70 %) et l'eau subtropicale (15-19°C et 35.30 %). Au nord de 16° S le minimum ne se distingue plus des eaux profondes et au même niveau on trouve une couche d'eau tropicale superficielle pauvre en oxygène.

Trois espèces *Euchaeta pubera*, *Phronima coletti* et *Vinciguerria poweriae* sont présentes exclusivement dans l'eau subtropicale; d'autres espèces, *Undeuchaeta plumosa*, *Euchaeta media*, *Chirundina streetsi*, *Candacia bipinata* *Lampanyctus alatus*, *Benthosema simile* et *Scopelopsis multipunctatus* y ont leur maximum de développement mais s'étendent plus au nord. Il semble que ces distributions soient liées à la décroissance de la température vers le nord. Ces espèces paraissent se développer préférentiellement dans les eaux à températures inférieures à 20°C dont l'isotherme à 100 m suit sensiblement la séparation des deux masses d'eaux.

Un nombre élevé d'espèces présentent par contre leur maximum dans les eaux tropicales. Au nord de la radiale dans l'eau où le minimum d'oxygène n'est pas nettement différencié *Scolecithrix danae*, *Pleuromamma quadrungulata*, *Lophotrix latipes* et *Paraeuchaeta russelli* et tous les Poissons du groupe tropical montrent leur maximum. D'autres espèces ont leur maximum bien caractérisé dans l'eau tropical à minimum d'oxygène *Phronima solitaria*, *Phronima pacifica*, *Neocalanus robustior*, *Euchirella brevis*, *Haloptilus spiniceps*, *Arietellus aculeatus*, *Thysanopoda obtusifrons* et *Thysanopoda aequalis-subaequalis* et le groupe des Poissons intermédiaires. Par contre *Euchaeta marina*, *Eucalanus attenuatus*, *Phronima curvipes* ont leur abondance maximale s'étendant sur la zone nord et centrale.

Certaines espèces présentent deux maxima, l'un qui correspond à l'eau subtropicale à minimum d'oxygène dissous et l'autre dans l'eau tropicale. Ces deux concentrations d'organismes sont séparées par une zone d'appauvrissement marquée. C'est en particulier le cas pour *Valenciennellus tripunctulatus*, *Euchirella rostrata* et à un moindre degré *Thysanopoda pectinata*.

La limite entre eaux tropicale et subtropicale vers 14° S dans la couche 200-500 m semble influencer la distribution de certaines espèces. Ces espèces quoique récoltées de 0 à 200 m de nuit non sans doute un habitat diurne plus profond. Par exemple dans le genre *Pleuromamma* d'eau profonde, *P. abdominalis* a son minimum dans l'eau tropicale alors que *P. quadrungulata* y a son maximum. Pour les Euphausiacés, si on situe les différentes stations effectuées dans un diagramme Température-Oxygène à 300 m (Fig. 11 A), on constate que la distribution des espèces n'est pas indifférente par rapport à ces deux paramètres (Fig. 11 B à F).

Certaines espèces sont distribuées uniformément le long de la radiale et semblent donc très tolérantes. D'autres présentent des variations qui ne seraient pas en liaison avec les diverses masses d'eaux individualisées dans la couche 0-500 mètres, elles pourraient répondre principalement à des facteurs biotiques du milieu ou aux caractères hydrologiques des couches plus profondes ou d'eau de mélange.

#### VARIATIONS D'ABONDANCE AU COURS DE L'ANNEE

A partir de prélèvements concernant une seule radiale échantillonnée durant une année seulement, il est très difficile de déterminer si les variations d'abondance que l'on observe sont dues à des facteurs saisonniers ou reflètent simplement l'échantillonnage de populations différentes entraînées par les dérives océaniques. Ces distributions montrent cependant que certaines espèces présentent des variations d'abondance en relation avec leur cycle biologique.

Au niveau des grandes successions trophiques c'est le potentiel nutritif représenté par le phytoplancton qui semble être le facteur causal principal des variations d'abondance. Il apparaît en particulier que dans le nord de la radiale (Fig. 12) l'abondance maximum du petit zooplancton à tendance herbivore suit de très près celle du phytoplancton (juin à août d'après Humphrey et Kerr, 1969); un mois après c'est la catégorie plancton récolté par l'IKMT qui présente son maximum suivi à un mois d'intervalle de l'abondance du macroplancton et du micronecton. Ce déphasage de l'ordre de 3 mois avec la poussée zooplanctonique primaire et le macroplancton est tout à fait en accord avec les estimations de 63 à 88 jours fournies par Vinogradov et Voronina (1962) pour ce même océan. Dans le sud les successions de ces niveaux ne sont pas aussi nettement marquées, laissant présager des variations de moindre amplitude ou la présence de plusieurs populations au cours de l'année.

Au niveau des espèces le maximum de développement des Copépodes (Août-Novembre) se situe tout de suite après celui du phytoplancton. Plus précisément pour *E. marina* on observe le pourcentage maximum de femelles porteuses de spermatophores d'Août à Septembre et l'abondance maximum de l'espèce est alors due en grande partie à la présence de copépodites.

Pour les espèces méroplanctoniques qui dérivent des côtes (larves de Stomopodes) et dont la répartition est superficielle, les variations saisonnières vont être en rapport avec la circulation de surface (Fig. 13). Pour les espèces sud les

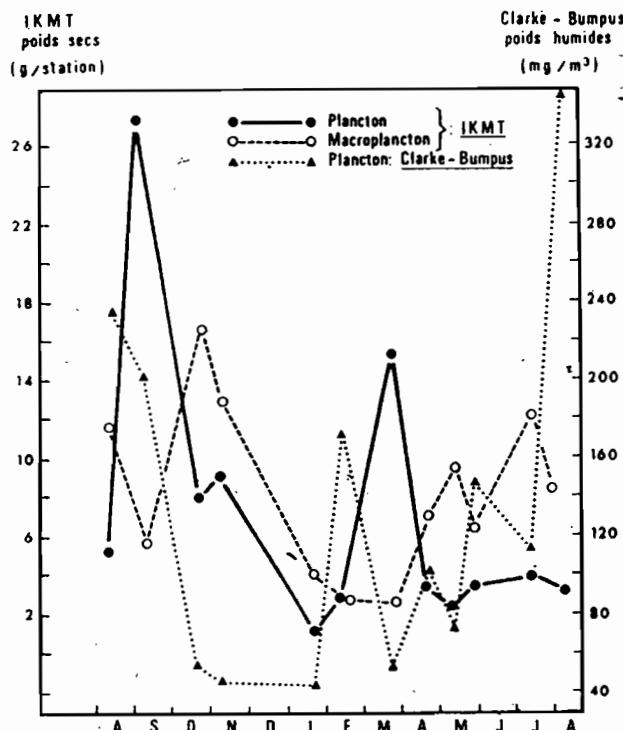


Fig. 12. Comparaison des variations saisonnières de trois catégories du plancton récolté dans le nord de la radiale.

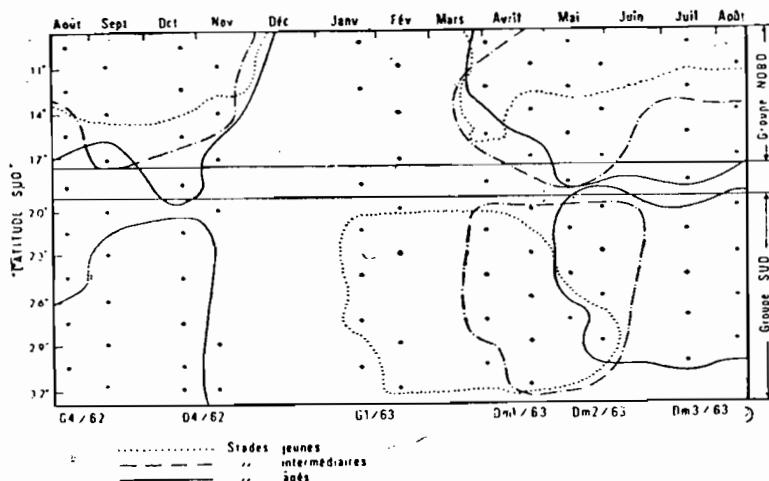


Fig. 13. Distribution latitudinale et saisonnière des stades larvaires des Stomatopodes.

stades qui apparaissent sur la radiale en Janvier-Février sont des stades jeunes qui doivent correspondre au début de la période de reproduction sur la côte australienne au moment où les eaux de surface dépassent 21°C. Les derniers stades jeunes sont trouvés en Juillet et seraient l'indice des dernières éclosions en Mai. Quant aux stades plus évolués on les observe de Mai à Octobre. On trouve donc sur cette partie de la radiale un cycle bien individualisé correspondant à une seule période de reproduction sur la côte australienne avec apparition successive des stades. L'intervalle moyen de six mois qui sépare ces apparitions fournit donc une estimation de la durée du cycle planctonique de ces espèces. Pour les espèces nord les stades jeunes paraissent présents à peu près toute l'année laissant présager d'une reproduction quasi continue sur les côtes de Java où la température des eaux de surface reste toujours élevée. Le mélange des stades s'observe assez loin vers le sud mais on note cependant un certain vieillissement de la population vers le large indice probable d'une continuation des mues. Quant aux espèces qui ont un stock dans le nord et un dans le sud, elles présentent deux cycles distincts suivant la région.

Chez certaines espèces de *Phronimidae* l'activité reproductrice semble être en rapport avec les saisons, tandis que chez d'autres au contraire on observe des multiplications à toutes les époques de l'année. Les saisons étant en rapport avec la latitude les phénomènes sexuels observés chez certaines espèces ne concorderont pas entre les régions nord et sud de la radiale.

Dans le groupe nord, on peut en conséquence distinguer : 1. les espèces à cycles saisonniers concomitants des deux poussées planctoniques du printemps et de l'automne : *Phronima sedentaria*, *P. solitaria*, *P. pacifica* et *Phronimella elongata*. 2. les espèces à cycles multiples : *P. atlantica*, *P. curvipes* et *P. stebbingi*.

Dans le groupe sud, on ne note pas d'espèces à cycles multiples et les pontes automnales et hivernales sont parfois totalement suspendues. Tel est le cas pour *P. atlantica*, *P. stebbingi*, *P. colletti* et *Phronimella elongata*. D'autre part on relève un retard des pontes printanières par rapport à celles du nord de la radiale.

Six espèces représentant 43.5% du nombre total des Poissons ont été étudiées plus en détail, *Benthosema simile*, *Lampanyctus alatus*, *Scopelopsis multipunctatus*, *Notoleychnus valdiviae*, *Vinciguerria* et *Gonostoma rhodadenia*. Les poissons capturés de ces espèces se déplacent apparemment vers le Nord à partir du mois d'août et surtout d'octobre à mars, puis plus rapidement vers le Sud, d'Avril à Juin. Les larves et stades juvéniles sont en moyenne récoltés plus au nord que les adultes. Ce déplacement estival apparent vers le Nord est très marqué chez *S. multipunctatus* où l'on peut évaluer à 900 milles son amplitude et où il coïncide avec la maturation somatique. Avec toutes les réserves que suscite légitimement notre mode d'échantillonnage, il semble que cette espèce fraie dans le Sud de la radiale en Juillet-Août : les stades juvéniles accomplissent ensuite leur croissance somatique au cours de leur migration vers le Nord où commence en Mai le développement de leurs gonades : la maturation génitale s'achèverait en Juin pendant leur déplacement vers le Sud. Tout ce cycle biologique du *S. multipunctatus* paraît se dérouler en une année seulement (Fig. 14).

#### CONCLUSION

Il apparaît que le seul examen d'une radiale bien qu'elle soit échantillonnée toute l'année ne saurait suffire à définir convenablement la région étudiée. En effet, il n'est possible de mettre en évidence dans ce cas que des variations Nord-Sud

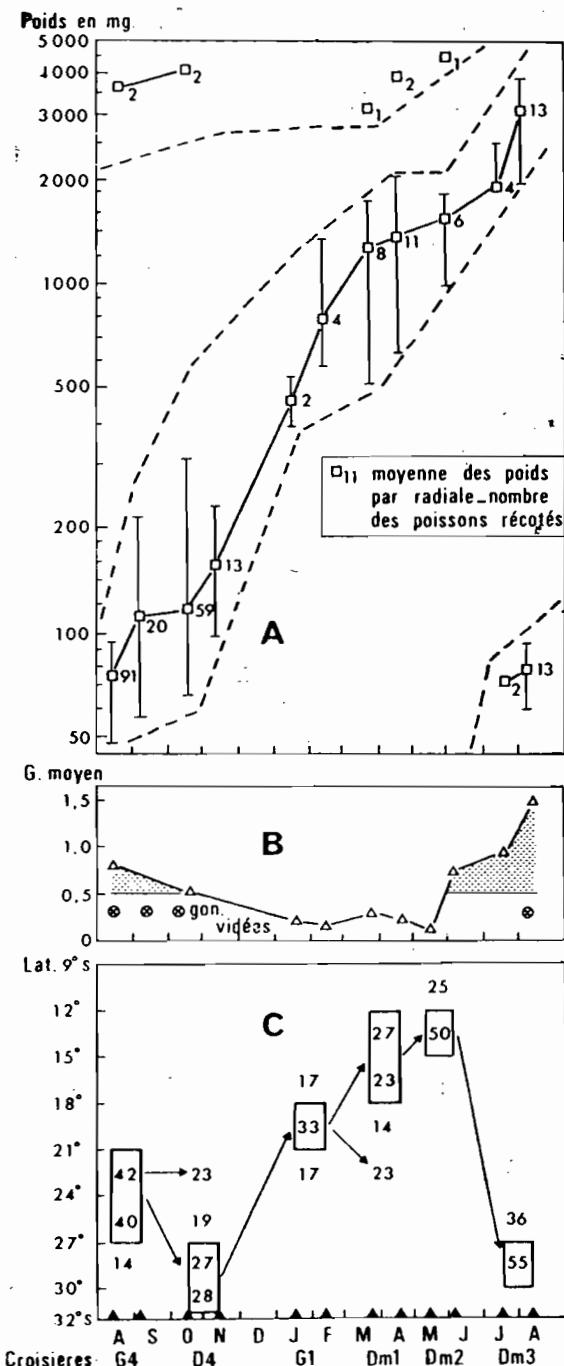


Fig. 14. Cycle 1962-1963 de *Scopelopsis multipunctatus*. A : Evolution des poids, les segments verticaux représentent l'étendue de la distribution des poids des Poissons récoltés à chaque radiale. B : variation de l'index gonadosomatique  $G = \frac{\text{poids des gonades}}{\text{poids du corps}} \times 100$ . C: variations de la position en latitude l'effectif maximal collecté (encadré) et effectif des stations voisines. Ces effectifs sont exprimés en pourcentage de l'effectif total par croisière.

et à part la couche de surface où le système des courants est relativement bien connu il est impossible de dire si les variations latitudinales observées proviennent du mouvement N—S des masses d'eaux tropicales et subtropicales où d'une variation de leurs limites lors de déplacement E-O.

Néanmoins, il semble que les espèces dont le domaine d'habitat est assez superficiel se répartissent en fonction des eaux tropicales et subtropicales, définies par Rochford, (Tableau 1) et présentent des variations saisonnières d'abondance en rapport avec les périodes de reproduction. Il est d'ailleurs remarquable que des périodes de reproduction soient différentes dans la partie nord et sud de la radiale, les espèces ambivalentes ont deux cycles de reproduction distincts suivant leur localisation.

Pour les espèces dont le domaine des variations nyctémérales est beaucoup plus vaste, en particulier Euphausiacés et Poissons, il semble que les relations avec les masses d'eaux superficielles soient beaucoup plus imprécises et que les périodes de reproduction en particulier pour les Poissons sont à peu près réparties sur toute l'année ce qui ne semble pas étonnant si c'est l'influence de leur habitat profond aux caractéristiques relativement constantes au cours de l'année qui l'emporte sur celle de leur habitat de nuit plus superficiel.

#### REFERENCES

- BODEN, B. P., M. W. JOHNSON and E. BRINTON 1955. The Euphausiacea of the North Pacific. *Bull. Scripps Inst. Oceanogr.*, 6 (8): 287-400.
- and E. BRINTON, 1957. The Euphausiids *Thysanopoda aequalis* and *subaequalis*, their taxonomy and distribution in the Pacific. *Contr. Scripps Inst. Oceanogr.*, No. 949.
- CASTLE, P. H. J. 1969. Species structure and seasonal distribution Leptocephali in the eastern Indian Ocean (110°E). *Cah. ORSTOM sér. Oceanogr.*, 7 (2) : 53-88.
- CHITTLEBOROUGH, R. G. and L. R. THOMAS, 1969. Larval ecology of the Western Australian marine crayfish, with notes upon other panulirid larvae from the eastern Indian Ocean. *Aust. J. mar. Freshwat. Res.*, 20 : 199-223.
- GUEREDAT, J. A. 1971. Variations saisonnières de la diversité spécifique des Copépodes de l'Océan Indien le long du 110°E. *J. mar. biol. Ass. India*, 14 :
- HAMON, B. V., D. J. TRANTER, and A. C. HERON 1963. A simple integration depth recorder. *Deep Sea Res.*, 10 : 457-458.
- HUMPHREY, G. F. and J. D. KERR, 1969. Seasonal variations in the Indian Ocean along 110°E. III. Chlorophylls *a* and *c*. *Aust. J. mar. Freshwat. Res.*, 20 : 55-64.
- LEGAND, M. 1967. Cycles biologiques des Poissons mésopélagiques dans l'Est de l'Océan Indien. Première note : *Scopelopsis multipunctatus* Brauer, *Gonostoma* sp., *Notolynchus valdiviae* Brauer. *Cah. ORSTOM, sér. Oceanogr.*, 5 (4) : 47-71.
- . 1969. Seasonal variations in the Indian Ocean along 110°E. part VI: Macroplankton and micronekton biomass. *Aust. J. mar. Freshwat. Res.*, 20 : 85-103.
- et J. RIVATON 1967. Cycles biologiques des Poissons mésopélagiques dans l'Est de l'Océan Indien. Deuxième note : Distribution moyenne des principales espèces de l'ichtyofaune. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 5 (4) : 73-98.
- et —————. 1969. Cycles biologiques des Poissons mésopélagiques dans l'Est de l'Océan Indien. Troisième note : Action prédatrice des Poissons micronectoniques. *Ibid.*, 7 (3) : 29-45.

- MICHEL, A. 1968. Dérive des larves de Stomatopodes de l'Est de l'Océan Indien. *Ibid.*, 6 (1) : 13-41.
- REPELIN, R. 1970. *Phronimidae du Bassin Indo-Australien (Amphipodes Hyperides). Cycle génital et répartition saisonnière. Relations quantitatives et écologiques.* *Ibid.*, 3 (2) (sous presse.)
- ROCHFORD, D. J. 1969. Seasonal variation in the Indian Ocean along 110°E. Part I. Hydrological structure of the upper 500 m. *Aust. J. mar. Freshwat. Res.*, 20 : 1-50.
- ROGER, C. 1966. Etude sur quelques espèces d'Euphausiacés de l'Est de l'océan Indien 110°E. *Cah. ORSTOM, sér. Oceanogr.*, 4 (4) : 73-103.