

OC 000 774

APPLICATION AU MICRONECTON
DES METHODES D'ESTIMATION
DE BIOMASSE PAR ECHOINTEGRATION

PAR

, GERLOTTO , R. LE BORGNE , E. MARCHAL , C. ROGER ET B. STEQUERT

RAPPORT INTERNE

N° 19

,

A P P L I C A T I O N A U M I C R O N E C T O N

D E S M E T H O D E S D ' E S T I M A T I O N

D E B I O M A S S E P A R E C H O I N T E G R A T I O N

p a r

F. GERLOTTO⁽¹⁾ , R. LE BORGNE⁽²⁾ , E. MARCHAL⁽³⁾ , C. ROGER⁽²⁾ et B. STEQUERT⁽¹⁾

Océanographes biologistes de l'ORSTOM

1 . I N T R O D U C T I O N

Les études classiques entreprises sur le plancton et le micronecton souffrent toutes du facteur limitant qu'est l'échantillonnage. En effet, les seuls échantillons utilisés sont des prélèvements au filet dans les zones étudiées. On sait que ce genre d'échantillonnage possède une **variance** importante, difficile à réduire. Enfin, l'interpolation entre deux stations est souvent assez hasardeuse.

Depuis déjà assez longtemps, des observations sur les couches diffusantes profondes (Deep Scattering Layers) par l'intermédiaire de matériel acoustique (sondeurs et sonars), ont été faites pour tenter de combler les vides laissés par les méthodes classiques d'échantillonnage. Cependant l'utilisation du sonar ne résoud pas les problèmes d'ordre quantitatif. En effet, la mesure des densités d'après l'intensité des traces laissées par le styilet, n'offre pas un caractère suffisamment précis pour pouvoir dépasser la simple distinction entre les couches denses ou dispersées. Les travaux d'écho-intégration sur les poissons ont d'ailleurs souvent montré que deux détections égales en dimension et en coloration, pouvaient présenter des différences énormes en poids.-

Plusieurs tentatives d'écho-intégration sur du plancton ont déjà été effectuées et semblent, tout au moins en valeurs relatives, donner des résultats caractéristiques. Citons entre autres les travaux accomplis dans des écosystèmes proches des écosystèmes tropicaux tels ceux de MARGALEF (1973), utilisant une chaîne SIMRAD composée d'un sondeur de 38 kHz et d'un intégrateur QM, et surtout la série de travaux de SAMEOTO (1976) et SAMEOTO et PAULOWICH (1977), à partir d'un sondeur SIMRAD de 120 kHz.

Intéressantes par le fait qu'elles semblent démontrer empiriquement que la méthode est applicable au micronecton, ces études ne précisent malheureusement pas à quel domaine exact elles s'appliquent.

Si l'écho-intégration est une méthode séduisante au premier abord, elle se heurte à un certain nombre de difficultés aussi bien théoriques que pratiques au niveau de son application aux couches diffusantes.

(1) ISRA-Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye - BP 2241, Dakar, SENEGAL.

(2) Centre de Recherches Océanographiques, BP V18, Abidjan, COTE D'IVOIRE.

(3) Antenne ORSTOM, COB, BP 337, 29273 Brest-Cedex, FRANCE.

2. NATURE DES PROBLEMES

2.1. INADEQUATION ENTRE LONGUEUR D'ONDE ET DIMENSION DES CIBLES.

Des études menées sur des poissons (HASLETT, 1962, in FORBES et NAKKEN, 1972), ont montré que l'intensité de l'écho (Target Strength, TS) et les dimensions de la section diffusante de la cible sont liées par une relation géométrique simple tant que la taille de la cible est très supérieure à la longueur d'onde. Lorsque ces deux dimensions sont proches, des problèmes d'ordre physique, que nous n'aborderons pas ici, rendent cette relation beaucoup plus complexe. Or, les dimensions des animaux composant les couches diffusantes oscillent entre quelques millimètres et quelques centimètres. Il faudrait donc utiliser des sondeurs à très haute fréquence pour que la longueur d'onde soit suffisamment petite. Malheureusement, l'atténuation sur les hautes fréquences est telle que leur portée est très réduite. Les couches diffusantes étant souvent profondes, nous sommes condamnés à employer des sondeurs dont les fréquences sont suffisamment basées (dans la pratique, 38 et 120 kHz).

Cela dit, il faut considérer que dans le cas qui nous intéresse, d'étude d'une couche diffuseuse, le problème change du fait de la densité des cibles qui, bien qu'indétectables individuellement, forment par leur abondance une couche détectable. Si le calcul de la densité relative de ces couches (Volume Back Scattering Strength) est aisé (SIMRAD, 1972), la représentativité réelle des valeurs obtenues n'a par contre jamais été testée.

Il semble donc, sous réserve de vérifications théoriques et pratiques, que si l'étude des cibles isolées est probablement exclue, les mesures sur des couches diffusantes puissent être raisonnablement envisagées.

2.2. MULTIPLICITE DES TYPES DE CIBLES

Il est bien connu, et nous l'avons vérifié par nous-même (STEUERT et al., 1977; MARCHAL et al., 1979), que des poissons de types différents donnent des réponses acoustiques légèrement différentes. A titre d'exemple, nous avons vu que le baliste, Balistes capriscus, à poids égal, donne une réponse environ 9 % plus faible que la sardinelle Sardinella aurita.

Si cette différence est relativement faible entre deux poissons, elle risque par contre d'être beaucoup plus importante entre un myctophidé et un pyrosome. Or, sauf dans certains cas bien particuliers, (bancs d'Euphausiacées, par exemple) les couches diffusantes sont formées de quantités de groupes très divers, au point de vue du point de vue systématique que morphologique, ce qui laisse supposer qu'une réponse égale, les biomasses peuvent être très variables suivant leur composition spécifique.

2.3. CALIBRATION

Nous avons vu que les faibles dimensions des animaux rendaient leur réponse individuelle difficile à interpréter. Leur taille interdit également l'application des méthodes habituelles de calibration sur le poisson (cage, comptage, etc...).

Quelques mesures in situ de TS ont cependant été réalisées sur des organismes planctoniques, en particulier les Euphausiacées qui présentent l'avantage d'être parfois les seuls constituants de la biomasse (BEAMISH, 1971). Les Euphausiacées représentent un cas beaucoup trop particulier pour que de tels résultats puissent être généralisés à la biomasse d'une DSL tropicale. Dans ce dernier cas, la calibration directe semble quasiment irréaliste, et l'on peut être contraint d'utiliser des méthodes indirectes, à partir de densités obtenues par pêche, avec toutes les incertitudes qu'apporte cette méthode (SAMEOTO, 1977).

3. VERIFICATIONS DES EVENTUELLES RELATIONS ENTRE INTEGRATION ET BIOMASSE

Le premier point à étudier est la vérification empirique de la cohérence des observations. Cette cohérence, ayant déjà été démontrée par les travaux ci-dessus, a été confirmée par quelques essais de prospection au large du golfe de Guinée (GERLOTTO, 1975).

Cette confirmation obtenue, il fallait encore savoir quels étaient les facteurs zoologiques qui intervenaient dans la réponse de la biomasse. Pour obtenir ces renseignements, quatre campagnes ont été accomplies avec le N.O CAPRICORN entre 1974 et 1977.

3.1. DIFFERENTES CAMPAGNES

- Campagne GATE (août 1974).

Il s'agissait d'une campagne d'océanographie physique devant permettre l'étude de la circulation équatoriale dans le Golfe de Guinée. Pour cela, la route 10°W a été parcourue quatre fois de 2°N à 2°S. Au cours de cette campagne, des enregistrements à l'écho-intégrateur sur le micronecton ont pu être réalisés en continu d'une part, et à l'arrêt d'autre part au cours des stations hydrologiques.

- Campagne CAP 7604 (mars-avril 1976)

Six radiales nord-sud, équidistantes de 90 milles, ont permis de prospecter une vaste zone allant de 2°W à 10°W, et de 3°N à 6°S. Tous les enregistrements de cette campagne ont eu lieu en continu et les échantillons furent fait sur la D. au chalut pélagique.

- Campagne LIGUBIO (novembre 1976)

Ce fut avant tout une campagne de méthodologie. Réalisée en Méditerranée, entre Nice et la Corse, elle avait pour but d'essayer différents engins sur des concentrations planctoniques et de comparer leurs captures. Des mesures à l'écho-intégrateur ont été couplées à certaines opérations de pêche afin de tester s'il existait une corrélation quelconque entre réponse acoustique et densité de micronecton. L'échantillonnage de détections choisies a été fait au moyen d'un filet de type Isaac-Kidd ouvrant-fermant (IKOF), mis au point par BOURRET (1976). Ce matériel a permis d'échantillonner à des profondeurs définies et d'éviter ainsi toute contamination au passage dans d'autres couches ; 19 couples de valeurs ont ainsi pu être obtenus.

- Campagne ECHOPREG 2 (août 1977).

Cette campagne avait, comme la précédente, un but méthodologique ; 77 prélèvements dans des couches intégrées ont pu être fait avec le même filet IKOF, au large de la Côte d'Ivoire.

3.2. MATERIEL ET METHODE

Le matériel d'écho-intégration employé au cours des campagnes a été le matériel habituel d'écho-intégration à savoir :

- écho-intégrateur SIMRAD QM,

- sondeur SIMRAD EK de 38 et 120 kHz ; différents réglages ont été utilisés au cours de ces campagnes.

Afin d'éviter des pertes de temps, nous disposions d'un Pinger-Télémetre qui inscrivait la profondeur instantanée du filet sur un des autres enregistreurs du bord.

Pour les deux campagnes de méthodologie, les échantillons ont été faits à bord et triés ensuite au laboratoire en trois groupes distincts, suivant les critères de "densité" acoustique.

- Plancton : salpes, méduses, pyrosomes, siphonophores, ainsi que les crustacés planctoniques (copépodes, etc...), peu nombreux du fait du maille du filet, et en règle générale tous les animaux à consistance "gélatinieuse".

- Crustacés : comprend tous les crustacés nectoniques : Euphausiacés, Cidés, Caridés, Stomatopodes, mysidacés etc...

- Poissons : dans cette catégorie ont été rassemblés tous les poissons, compris leurs larves (leptocephales par exemple), ainsi que les quelques céphalopodes recueillis.

Pour chaque groupe nous avons noté les volumes (volume déplacés) les données exprimées en ml par 1000 m³ filtrés, et les poids secs correspondants (voir annexe).

La méthode utilisée revient donc à régler l'intervalle d'intégration sur une couche diffusante régulière, homogène et suffisamment importante pour pouvoir effectuer un prélèvement, le filet étant entièrement contenu dans la couche. Il est alors possible en principe d'obtenir un couple de valeurs intégration/densité pour chaque groupe défini précédemment. Dans la pratique, il a été extrêmement difficile de rassembler de bonnes conditions de prélèvements aussi bien au niveau des traits que de l'intégration et beaucoup de couples de valeurs ont dû être éliminés.

A partir de ces données, les relations entre l'intégration et les trois groupes choisis ont été étudiées.

3.3. RESULTATS

3.3.1. Relation biomasse totale/intégration

- Campagne LIGURIO

Pour 19 couples de valeurs obtenus au cours de cette campagne, le coefficient de corrélation r entre intégration et biomasse est :

$$r = 0,15$$

Cette valeur extrêmement faible en regard au petit nombre de données, démontre qu'il n'existe dans ce cas aucune relation linéaire cohérente entre les deux paramètres (tableau 1).

- Campagne ECHOPREG 2

Après élimination des données aberrantes, nous avons calculé le coefficient de corrélation sur 55 couples.

$$r = 0,084.$$

Dans ce cas également, il est impossible de relier simplement intégration et biomasse totale (annexe).

3.3.2. Relation plancton/intégration

Il est intéressant tout d'abord de déterminer quel paramètre, du volume ou du poids sec, est le plus adéquat dans une relation biomasse-intégration. Après étude des deux types de valeur, il est apparu que la relation liant volume et poids sec est suffisamment étroite pour que les deux puissent être employés indifféremment (tabl. 2). Nous nous sommes alors contentés de calculs à partir du volume, plus directement responsable de l'intensité des échos que le poids sec.

— Nous avons extrait des données recueillies, les couples de valeurs pour lesquels la biomasse n'est formée que de plancton ; 9 couples ont ainsi pu être extraits dans la campagne ECHOPREG 2 (tab1.3).

Le coefficient de corrélation entre volume de plancton et intégration est égal à :

$$r = 0,13 \quad (\text{fig.1}).$$

Il n'apparaît donc aucune relation évidente entre le plancton tel qu'il a été défini ci-dessus et l'intégration. Notons toutefois que dans 7 des 9 prélèvements choisis, le plancton était formé uniquement de pyrosomes. Les autres présentant ce type de consistance semblent donc transparents à l'intégration. Nous avons vérifié ce point en effectuant des traits dans des zones apparentées vides, d'après le sondeur, et ne donnant aucune valeur à l'intégrateur. Plusieurs de ces prélèvements ont néanmoins fourni du plancton en quantités non négligeables.

Le problème de l'existence d'une réponse "aléatoire" se pose. La première hypothèse qui vient à l'esprit, probablement la plus vraisemblable, est qu'il peut s'agir, au moins en partie, des réponses acoustiques d'organismes n'ayant pas été capturés, tels les poissons et céphalopodes de grandes tailles. En effet bien que très dispersés, ceux-ci existent partout dans la DSL ; ainsi, Nealotes tripartita, poissons mesurant 25 à 30 m ont été capturés avec un chalut pélagique au cours de la campagne CAP 7604. Une autre vérification de ce phénomène est tirée des données de la campagne GATE, où des mesures de T.S. ont été effectuées dans les cas où il était possible d'obtenir des cibles dispersées à l'intérieur des couches diffusantes. Les T.S. maximum (fig.2) étant de -41,9 dB, proviennent de poissons dont la taille a été calculée d'après l'équation proposée par LOVE (1971).

$$TS = 19,4 \log L + 0,6 \log \lambda - 24,9.$$

On obtient $L = 15$ cm ; ces poissons évitent le filet IKOF et biaisent donc les résultats.

3.3.3. Relation biomasse (sans plancton)/Intégration

Sachant que le plancton n'avait pas d'influence sur l'intégration, nous avons sélectionné dans la campagne ECHOPREG 2, 52 couples de valeurs. Pour ces 52 couples le coefficient de corrélation entre le volume (poissons + crustacés) et l'intégration est :

$$r = 0,356$$

Il y aurait donc une corrélation significative au seuil 95 % entre ces deux paramètres. Ceci est plus net encore si l'on calcule le coefficient de corrélation multiple $r_{i(c.p)}$

| relation | n | r |
|-----------|----|-------|
| $r_{c.i}$ | 52 | 0,251 |
| $r_{p.i}$ | 52 | 0,599 |
| $r_{c.p}$ | 54 | 0,07 |

$$r_{i(c.p)} = 0,633 \quad (n = 51)$$

Il y a donc bien une relation significative entre la biomasse (crustacés + poissons) et l'intégration, cette relation paraissant d'ailleurs essentiellement due à la biomasse en poissons.

3.2.4. Relation crustacés/intégration

Dans aucun prélèvement nous n'avons trouvé de biomasse formée exclusivement de crustacés. Nous avons donc dû nous contenter de sélectionner les traits où les crustacés sont dominants, et où les poissons représentent moins de 5 % de la quantité de crustacés. Nous avons dans ces conditions extrait des données de la campagne ECHOPREG 2, 8 couples de valeurs (tabl. 4, fig. 3).

En admettant que la biomasse de plancton n'a pas d'incidence sur l'intégration et en négligeant l'effet de la biomasse de poissons, on calcule la corrélation entre crustacés et intégration :

$$r = 0,74$$

La relation est donc significative au seuil 95 %.

Par contre, les calculs effectués sur les données de la campagne LIGUBIO sont beaucoup moins satisfaisants : $r = 0,20$ pour les 6 traits contenant peu de poissons par rapport au volume des crustacés.

3.3.5. Relation poissons/intégration

La relation existant entre les quantités de poissons et l'écho-intégration est bien connue. Elle est d'ailleurs à la base de toutes les études en écho-intégration.

Cependant, dans le cas particulier des poissons de la DSL, le problème déjà cité des petites cibles se pose. En effet la longueur d'onde d'un sondeur de 38 kHz est d'environ 4 cm, et les tailles des poissons capturés variaient entre 2 et 10 cm. Il était donc intéressant de vérifier si les poissons de petites tailles, en couches diffusantes, pouvaient donner des réponses proportionnelles à leur biomasse. La qualité de nos données ne nous permet pas d'aller très loin dans cette voie. Nous nous sommes donc contentés une fois de plus de mesurer la corrélation existant entre le volume de poissons et intégration.

Il a été impossible de trouver dans nos échantillons des prélèvements ne contenant que des poissons. Nous avons donc conservé tous les prélèvements, en admettant dans un premier temps que l'effet des crustacés était négligeable par rapport à celui des poissons.

- Campagne LIGUBIO

Nous avons pris l'ensemble des prélèvements et $r = 0,56$ pour 19 couples de valeurs.

- Campagne ECHOPREG 2

Pour l'ensemble des prélèvements le coefficient de corrélation est $r = 0,60$ (pour 55 couples).

Nous avons ensuite tenté de mesurer séparément l'effet des crustacés et des poissons. Pour cela, nous avons effectués deux types de calcul à partir des données d'ECHOPREG 2.

a) Mesure des coefficients de corrélation partielle

$$\left. \begin{array}{l} r_{ci,p} = 0,328 \quad (\text{crustacés}) \\ r_{pi,c} = 0,653 \quad (\text{poissons}) \end{array} \right\} \text{ pour 52 couples.}$$

Il semble donc d'après cette observation que crustacés et poissons aient de moins en couches diffusantes, une réponse cohérente à l'intégration, mais que la réponse des poissons soit beaucoup plus nette que celle des crustacés.

b) Calcul des influences relatives des poissons et des crustacés sur l'intégration.

Pour vérifier ce qui a été pressenti lors des calculs précédents, nous avons

essayé de mesurer l'influence de chacun des 2 groupes. Pour cela nous avons été à partir de coups de pêche une série de systèmes d'équations à deux inconnues, additionnant les prélèvements afin d'avoir pour chaque équation une valeur d'intégration m égale à 10 (tabl. 6)

$$ac + bp = m = 10$$

En prenant les équations deux à deux nous obtenons la relation :

$$p = 12,8 c \quad \begin{array}{l} (p = \text{vol. de poissons}) \\ (c = \text{vol. de crustacés}) \end{array}$$

Ce résultat est toutefois à manier avec une extrême prudence, la variance obtenue étant très grande. Dans ces conditions, les couches de poissons auraient une réponse douze fois plus forte que celles de crustacés.

3.4. DISCUSSION

Les résultats que nous avons exposés ci-dessus doivent tous être considérés comme seulement indicatifs. En effet, les données que nous avons recueillies n'offrent pas les garanties suffisantes d'exactitude pour que les résultats puissent être considérés comme acquis ceci pour plusieurs raisons: difficulté d'obtenir des distributions régulières et homogènes des couches, incertitude sur la profondeur réelle du trait, évitement de tous les poissons de grande taille (> 15 cm), etc...

Cependant nous pouvons noter deux choses.

- "transparence" du plancton : elle a été confirmée par deux observations différentes. La première, nous l'avons vu, a consisté à mesurer la corrélation existant entre le volume de plancton et l'intégration, corrélation inexistante. La deuxième a consisté en un certain nombre de coups de filet dans des zones ne donnant aucune réponse à l'intégration. Dans quelques-uns de ces traits des volumes non négligeables de plancton ont été recueillis.

Il semble donc bien que l'on puisse considérer le plancton, du moins tel que nous l'avons défini ici, comme transparent et donc sans incidence sur les résultats d'une campagne d'échointégration.

- Réponses cohérentes des autres groupes : sans que l'on puisse en donner les valeurs ni les limites, il semble bien à l'issue de cette étude que le micronecton en général, et les couches diffusantes en particulier, donnent des réponses proportionnelles à leur biomasse. Il serait bien entendu extrêmement intéressant dans ces conditions de poursuivre les mesures, afin d'obtenir des renseignements plus précis à ce sujet.

4 . APPLICATION A LA DSL DE LA ZONE EQUATORIALE ATLANTIQUE

Les deux campagnes vues précédemment (GATE et CAP 7604) ont été effectuées sur la zone équatoriale du Golfe de Guinée, afin d'étudier la distribution du micronecton dans une région par ailleurs relativement bien connue quant à ses caractéristiques physico-chimiques et sur laquelle une pêcherie de thons importante s'est constituée.

4.1. ETUDE DE LA REPARTITION VERTICALE DES BIOMASSES

Ce type d'étude a été expérimenté en juillet 1974 au cours de la campagne GATE (GERLOTTO, 1975). Des stations effectuées tous les 30 milles ont permis d'obtenir des valeurs d'intégration par couche de 20 ou de 50 m (fig.4). Si l'on admet, ce que nous sommes obligés de faire dans ce cas où aucun échantillonnage a eu lieu, que la biomasse est, dans des proportions constantes ^{composée} des mêmes animaux, on peut tirer de ce type d'étude deux conclusions.

- Répartition de la biomasse en fonction de la bathymétrie : on peut délimiter les zones peuplées, les *noyaux* à fortes densités et les zones désertiques. Ces hétérogénéités dans la répartition de la biomasse peuvent également être reliées aux conditions hydrologiques.

(... conditions campagne GATE ...>

On peut également relier la profondeur de la DSL à la thermocline. Cette observation a été faite lors de la campagne CAP 7604 (mars-avril 1976) et a permis de noter la relation étroite existant entre ces deux phénomènes (fig.5). En effet, il apparaît que, mises à part quelques rares exceptions, la DSL est toujours comprise dans les **zones** à fort gradient thermique (ceci de nuit bien entendu, la DSL de jour étant beaucoup plus profonde).

4.2. CARTOGRAPHIE HORIZONTALE

Un autre type d'étude consiste à effectuer sur la DSL le même type de campagne que sur des stocks de poissons, afin d'obtenir une carte des densités relative par unité de surface.

Cette méthode a été employée en 1976 pour la campagne CAP 7604 (fig.6). Elle permet d'obtenir deux types principaux de renseignements :

- Mesure de la biomasse totale de la DSL d'une région

Cette valeur ne peut évidemment être obtenue que lorsqu'on dispose d'une constante d'intégration, ce qui n'a pas été le cas lors de la campagne CAP 7604.

Le calcul de la biomasse s'effectue de la même façon que lors des mesures sur les stocks de poissons.

- Etude des relations entre la biomasse et la circulation générale

On sait que la région équatoriale de l'atlantique oriental est soumise à un schéma de circulation complexe, et dans le **cas** qui nous intéresse, qu'il y existe des zones de convergence et de divergence, que l'on peut considérer comme potentiellement pauvres et riches (présence de sels minéraux). Sans vouloir nous lancer dans une étude approfondie des relations biomasse-écosystème, qui se situe hors du cadre méthodologique que nous nous sommes imposé, nous avons voulu vérifier s'il était possible d'établir des relations entre intégration et température de surface, paramètre descriptif le plus simple à obtenir (fig.6 et 7). On peut se rendre compte que les biomasses les plus importantes correspondent aux eaux les plus froides. Pour quantifier **cette** relation nous avons calculé le coefficient de corrélation existant entre température moyenne et intégration moyenne par carré de 1°. Pour 71 couples de valeurs non obtenus un coefficient de corrélation $r = 0,24$, c'est-à-dire significatif à 95 %.

4.3. ETUDE DYNAMIQUE DE LA BIOMASSE

L.3.1. Migrations nyctémérales

Les biomasses par couches mesurées lors de la campagne GATE, ont permis de suivre les déplacements des couches. Une première observation très succincte a été notée lors de cette campagne en reprenant la méthode utilisée par MARGALEF (1973), comparant la biomasse de la couche 0/200 m à celle de la couche 200/400 m.

On voit très clairement que cette région 0/400 m est homogène, et que la biomasse qui l'occupe circule alternativement au-dessus et au-dessous des 200 m suivant les cycles jour-nuit (fig.8).

Nous avons tenté d'affiner ces observations en décomposant la couche 0/200 m en strates de 20 m d'épaisseur dans lesquelles les proportions de la biomasse sont notées (en % de la biomasse présente dans la couche 0/200 m) (fig.9). Ceci permet de voir qu'il existe 2 populations dans la couche, l'une sédentaire près de la surface (qui reste d'ailleurs la seule présente de jour entre 0 et 200 m), et l'autre migratrice, qui disparaît presque entièrement de la couche 0/200 m le jour et se retrouve de 20 à 80 m la nuit (soit, nous l'avons vu, à cheval sur la thermocline).

4.3.2. Variabilité des réponses acoustiques

Un phénomène curieux a également été observé : il s'agit des variations qu'une même couche peut présenter dans sa réponse acoustique lors de ses déplacements verticaux. On peut voir sur la photographie de la bande de sondeur enregistrée lors d'une station crépusculaire (fig.10) que les couches, très denses au-delà de 150 m semblent complètement s'évanouir entre 50 et 150 m, puis réapparaissent, stabilisées, près de la surface. Cette disparition se produit au moment où la phase ascendante est la plus rapide. On ignore bien sûr quel phénomène physiologique est responsable de ce phénomène, mais il est important de noter que l'ampleur des échos peut être indépendant de la biomasse réelle des animaux à certaines périodes de la journée.

CONCLUSION

Les résultats que nous avons présentés dans cette étude sont évidemment extrêmement limités, à cause surtout des problèmes de la représentativité réelle des captures. Les résultats obtenus tendraient cependant à prouver que l'application au micronecton des techniques d'écho-intégration est possible et susceptible de donner des résultats très intéressants.

Encore faudrait-il, avant cela, que les divers problèmes que nous avons soulevés soient résolus, car nos résultats sont beaucoup trop partiels pour être utilisables directement.

B I B L I O G R A P H I E

- BEAMISH (P.), 1971.- Quantitative measurements of acoustic scattering from zooplanktonic organisms. Deep-sea Res., 18(8), : 811-822.
- BOURRET (P.), 1976.- L'échantillonnage du micronecton profond avec description d'un nouveau chalut Isaacs-Kidd 10 pieds ouvrant-fermant. Doc. Centre ORSTOM Noumea : 50 pp multigr.
- FORBES (S.T.), NAKKEN (O.), 1972.- Manuel des méthodes de prospection et d'évaluation des ressources halieutiques. Deuxième partie. Emploi d'instruments acoustiques pour détecter le poisson et en estimer l'abondance. Manuel FAO, Sci.Halieut., n°5, : 147 pp.
- GERLOTTO (F.), 1975.- Note sur les biomasses pélagiques évaluées par écho-intégration dans la zone équatoriale du Golfe de Guinée : premiers résultats. Doc. Scient. Centre Rech. Oceanogr. Abidjan, 6(2), : 119-138.
- HASLETT (R.W.G.), 1962.- Détermination of the acoustic back scattering patterns and cross section of fish. Br. J. appl. Phys., 13 : 349-357.
- LOVE (H.H.), 1971.- Measurements of fish target strength : A review. Fish. Bull., 69(4) : 703-716.
- MARCHAL (E.), BURCZYNSKI (J.), GERLOTTO (F.), 1979.- Evaluation acoustique des ressources pélagiques le long des côtes de GUINEE, SIERRA LEONE et GUINEE BISSAU (N/O CAPRICORNE, novembre/décembre 1978). GUI/74/024 FIRS, fev. 1979 : 18 pp.
- MARFALEF (R.), 1973.- Estima acústica de la densidad relativa de animales pelagicos en la region de afloramiento del noroeste de Africa (Campaña "Sahara" del "Cornide de Saavedra"). Res. Exp. Cient. B/O Cornide, 2, abri.1 1973: 125-132
- SAMEOTO (D.D.), 1976.- Distribution of sound scattering layers caused by Euphausiids and their relationship to chlorophyll A concentrations in the Gulf of St. Lawrence estuary. J. Fish. Res. Bd. Can., 33, : 681-687.
- SAMEOTO (D.D.), PAULOWICH (S.), 1977.- The use of 120 kHz sonar in zooplankton studies. Ocean 77, MTS-LEE, : 39A1-39A6.
- SIMRAD, 1972.- Echo-integrator Q.M. Operation and maintenance. Publ. SIMRAD, P 574 E, : 41 pp.
- STEQUENT (B.), GERLOTTO (F.), LE PHILLIPE (V.), 1977.- Campagne d'écho-intégration ECHOPROC. Résultats d'observations. Centre Rech. Océanogr. Dakar, ser. Arch. 51 : 60 pp., 31 annexes.

| VOLUME TOTAL | VOLUME CRUSTACES | VOLUME POISSONS | VALEURS D'INTEGRATION |
|-----------------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| 93 | 46 | 14 | 2.14 |
| 800 | 560 | 80 | 4.37 |
| 160 | 113 | 11 | 3.52 |
| 84 | 27 | 34 | 4.70 |
| 271 | 94 | 37 | 7.00 |
| 49 | 46 | 4 | 3.09 |
| 172 | 130 | 9 | 1.05 |
| 187 | 122 | 13 | 5.64 |
| 99 | 33 | 19 | 3.30 |
| 128 | 62 | 3 | 0.03 |
| 126 | 53 | 6 | 2.04 |
| 11 | 53 | 14 | 9.18 |
| 15 | 0 | 15 | 1.61 |
| 236 | 117 | 14 | 0.96 |
| 129 | 12 | 33 | 1.79 |
| 241 | 4 | 33 | 1.79 |
| 251 | 90 | 162 | 8.23 |
| 139 | 48 | 16 | 1.62 |
| 121 | 22 | 68 | 9.25 |

Tabl.1 : Détail des traits IKOF réalisés au cours de la campagne
LIGUBIO.

- Volumes en ml/1000 m³ filtrés
- intégration en mm pour 2 milles et une couche d'eau de
1m.

| N ^a trait | Vol. (ml) | Poids sec (g) |
|-------------------------|--------------|------------------|
| 3 | 270 | 6,66 |
| 4 | 25 | 0,762 |
| 32 | 280 | 8,84 |
| 40 | 167 | 6,67 |
| 68 | 67 | 0,30 |
| 64 | 447 | 10,96 |
| 63 | 114 | 1,15 |
| 5 | 610 | 21,04 |
| 2 | 218 | 8,80 |
| 61 | 340 | 8,59 |
| 13 | 7 | 0,235 |
| 67 | 97 | 3,58 |
| 24(chalut) | 7 | 0,13 |
| 46(chalut) | 37 | 0,62 |

Tabl.2 : Relation volume/poids sec du plancton (campagne ECHOPREG 2) .

| ESPECES DOMINANTES | Vol. PLANCTON | m (INTEGRATION) |
|--------------------|---------------|-----------------|
| Pyrosomes | 853,9 | 0,7 |
| Pyrosomes | 101,0 | 0,9 |
| Pyrosomes | 765,3 | 1,6 |
| Pyrosomes | 196,3 | 1,9 |
| Pyrosomes | 294,9 | 1,1 |
| Pyrosomes | 164,3 | 0,02 |
| Pyrosomès | 537,1 | 1,8 |
| Gélatine | 10,5 | 0 (Blanc) |
| Mélange | 29,4 | 0,13 |

Tabl.3 : Relation biomasse plancton/intégration (Campagne ECHOPREG 2)

- Volume en ml/1000r³ filtrés
- intégration en mm pour 2 milles et une couche d'eau de 1 m.

| N°Trait | Especies | Vol.CRUST. | Vol.TOTAL | m(INTEGRATION) |
|---------|---------------|------------|-----------|----------------|
| 2 | Euphausiacées | 4,6 | 18,2 | 1,31 |
| 35 | Sergestides | 8,0 | 8,6 | 0,70 |
| 36 | Sergestides | 34,8 | 36,6 | 1,76 |
| 43 | Euphausiacées | 354,8 | 355,6 | 2,60 |
| 44 | Euphausiacées | 108,2 | 111,6 | 2,04 |
| 49 | Caridés | 9,2 | 12,0 | 0,52 |
| 57 | Euphausiacées | 18,1 | 18,8 | 0,31 |
| 58 | Euphausiacées | 151,6 | 156,2 | 1,25 |

Tabl.4 : Relation biomasse crustacés/intégration .

(campagne ECHOPREG 2).

- Volumes en ml/1000 m³ filtrés

- intégration en mm pour 2 milles et une couche d'eau de 1 m.

| N° Trait | Espèce | Vol. poissons | Vol. crustacés | Vol. plancton | m Intégration |
|-------------|--------|------------------|-------------------|------------------|------------------|
| fi3 | larves | 62,8 | 50,6 | 3,02 | 3,93 |
| 52 | divers | 8,94 | 4,85 | 12,77 | 3,12 |
| 64 | larves | 12,90 | 4,90 | 11,30 | 1,69 |
| 69 | larves | 7,57 | 23,18 | 6,52 | 1,56 |
| 70 | divers | 10,80 | 9,49 | 0 | 3,67 |
| 72 | divers | 11,50 | 5,35 | 25,52 | 2,15 |
| 73 | divers | 3,50 | 2,77 | 3,80 | 0,84 |
| 74 | divers | 4,02 | 2,12 | 2,50 | 0,90 |
| 76 | divers | 8,58 | 4,91 | 6,85 | 1,68 |
| 77 | divers | 20,90 | 10,04 | 19,06 | 2,52 |

Tabl .5 : Relation biomasse de poissons/intégration
(campagne ECHOPREG 2) .

- Volume en ml/1000m³ filtrés
- intégration en mm pour 2 milles et une couche d'eau de 1 m.

| Vol. crustacés | Vol. poissons | Intégration |
|-------------------|------------------|-------------|
| 25,59 | 14,04 | 10,05 |
| 163,32 | 35,32 | 9,93 |
| 503,88 | 11,04 | 9,96 |
| 220,24 | 18,95 | 10,00 |
| 87,97 | 97,65 | 10,04 |
| 54,31 | 57,87 | 10,03 |

Tabl. 6 : Influences relatives des biomasses de poissons
et de crustacés sur l'intégration (campagne ECHOPREG 2)

- Volumes en $\text{ml}/1000 \text{ m}^3$ filtrés
- intégration en mm pour 2 milles et une couche d'eau de 1 m.

Annexe : Détail des traits IKOF de la campagne ECHOPREG 2.

(les valeurs d'intégration sont exprimées en mm pour 2 milles et 1 m d'épaisseur de la cuche).

| N° IKOF | Vol. (en m ³) | Vol. (en ml / 1000 m ³) | Vol. crustacés (en ml / 1000 m ³) | Vol. poissons (en ml / 1000 m ³) | Vol. total (en ml / 1000 m ³) | m (intégration) |
|---------|------------------------------|---|--|---|--|--------------------|
| 2 * | 16 512 | 13,20 | 4,54 | 0,42 | 18,16 | 1,31 |
| 3 * | 10 175 | 26,54 | 5,41 | 1,38 | 33,33 | 0,51 |
| 4 | 7 502 | 41,32 | 3,73 | 2,13 | 47,18 | 0,51 |
| 5 | 35,288 | 17,29 | 0,26 | 0,11 | 17,66 | 0,04 |
| 6 | 33,175 | 12,51 | 2,11 | 0,15 | 14,77 | |
| 7 | 32 643 | 137,85 | 2,76 | 0,46 | 141,07 | 0,60 |
| 9 | 16 517 | 33,30 | 3,51 | 1,21 | 38,02 | 0,22 |
| 10 | 26 935 | 853,91 | 0 | 1,11 | 855,02 | 0,70 |
| 11 | 19 351 | 101,03 | 3,62 | 2,79 | 107,44 | 0,90 |
| 12 * | 1 563 | 358,28 | 16,63 | 19,19 | 394,10 | |
| 13 | 13 842 | 307,90 | 41,75 | 2,31 | 351,96 | 7,0 |
| 15 | 19 340 | 765,25 | 0 | 0 | 765,25 | 1,57 |
| 17 | 28 190 | 67,05 | 4,36 | 2,20 | 73,61 | 0,32 |
| 18 * | 14 542 | 145,03 | 2,42 | 1,40 | 148,85 | 0,53 |
| 19 | 20 34s | 294,87 | 0,15 | 1,18 | 296,20 | 1,1 |
| 20 * | 953 | 665,27 | 61,91 | 51,42 | 778,60 | |
| 22 | 22 036 | 28,69 | 0,77 | 1,13 | 30,60 | 1,92 |
| 23 | 20 568 | 196,30 | 0,05 | 0,10 | 196,45 | 1,90 |
| 25 | 8 818 | 123,61 | 10,21 | 3,18 | 136,99 | 0,40 |
| 27 | 30 435 | 164,28 | 0 | 0 | 164,28 | 0,02 |
| 28 | 7 447 | 537,13 | 0,13 | 4,70 | 541,96 | 1,80 |
| 30 | 21 000 | 6,90 | 4,76 | 2,28 | 13,95 | 0,57 |
| 31 * | 33 115 | 1,96 | 0,30 | 0,15 | 2,41 | 0 |
| 32 | 25 233 | 11,10 | 2,58 | 2,85 | 16,53 | 0,511 |
| 35 | 30 000 | 0,27 | 8,00 | 0,33 | 8,60 | 0,70 |
| 36 | 23 000 | 0,22 | 34,78 | 1,57 | 36,57 | 1,76 |
| 37 | 22 288 | 11,80 | 96,15 | 15,87 | 123,82 | 1,43 |
| 38 | 17 879 | 24,61 | 2,85 | 3,0s | 30,54 | 0,55 |
| 39 | 14 059 | 21,34 | 1,78 | 1,13 | 24,25 | 0,37 |
| 40 * | | 6,68 | 2,20 | 0,20 | 9,09 | |
| 41 | 25 750 | 6,21 | 4,40 | 2,21 | 12,82 | 1,79 |
| 43 | 28 426 | 0 | 354,46 | 1,16 | 355,63 | 2,00 |
| 44 | 22 114 | 0,81 | 108,17 | 2,58 | 111,56 | 2,28 |
| 45 | 26 831 | 3,73 | 34,29 | 2,42 | 40,44 | 3,09 |
| 47 | 7 778 | 3,86 | 0,78 | 1,54 | 0,18 | 0,43 |
| 49 | 33 600 | 1,64 | 9,23 | 1,13 | 11,99 | 0,52 |
| 51 | 14 000 | 0 | 41,30 | 4,77 | 46,07 | 2,31 |
| 52 | 15 657 | 12,77 | 4,85 | 8,94 | 26,56 | 3,12 |
| 53 | 38 759 | 4,57 | 2,71 | 4,31 | 11,58 | 0,96 |
| 55 | 41 300 | 1,33 | 0,54 | 0,44 | 2,30 | 0,71 |
| 56 | 32 213 | 29,41 | 0,09 | 0,09 | 29,60 | 0,13 |
| 57 | 17 169 | 0,41 | 18,06 | 0,35 | 18,82 | 0,31 |
| 58 | 25 797 | 3,29 | 151,63 | 1,28 | 156,20 | 1,25 |
| 60 | 17 000 | 18,38 | 3,86 | 3,17 | 25,42 | 2,30 |
| 61 | 23 000 | 14,53 | 5,21 | 4,49 | 24,23 | 1,62 |
| 62 | 43 900 | 10,41 | 0,10 | 0,16 | 10,67 | 0 |
| 63 | 37 800 | 3,02 | 50,64 | 62,77 | 116,43 | 3,93 |
| 64 | 39 484 | 11,32 | 4,94 | 12,86 | 29,12 | 1,19 |
| 65 | 37 161 | 35,86 | 13,52 | 14,70 | 64,08 | 1,86 |
| 66 | 31 561 | 11,39 | 4,24 | 1,45 | 20,38 | 0,29 |

| | | | | | | |
|------|---------|-------|-------|-------|-------|------|
| 67 * | 5 7 150 | 2,05 | 3,83 | 0,26 | 6,14 | 0,46 |
| 68 | 23 663 | 8,11 | 1,52 | 1,27 | 10,90 | 9,38 |
| 69 | 2 6 674 | 6,52 | 23,18 | 7,57 | 37,27 | |
| 70 | 37 204 | 0 | 9,49 | 10,78 | 20,27 | 3,67 |
| 71 | 21 855 | 23,29 | 10,07 | 22,01 | 55,36 | 1,61 |
| 72 | 1b 653 | 25,52 | 5,35 | 11,53 | 42,40 | 2,15 |
| 73 | 19 000 | 3,80 | 2,77 | 3,46 | 10,03 | 0,84 |
| 74 | 47 236 | 2,50 | 2,12 | 4,02 | 8,64 | 0,90 |
| 75 * | 19 441 | 2,98 | 0 | 0 | 2,98 | 0 |
| 76 | 40 118 | 6,85 | 4,91 | 8,58 | 20,34 | 1,68 |
| 77 | 24 394 | 19,06 | 10,04 | 20,89 | 49,99 | 2,52 |

* Traits éliminés pour le calcul de la relation biomasse totale/intégration.

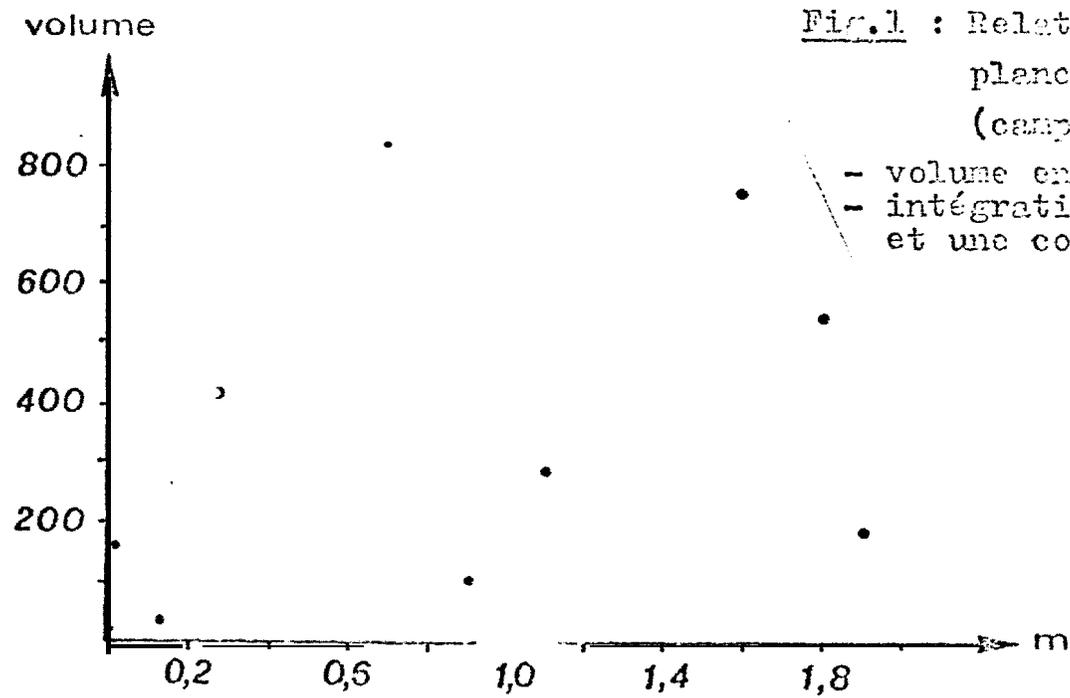


Fig.1 : Relation entre biomasse de plancton et intégration (campagne ECHOPREG 2).

- volume en ml/1000 m³,
 - intégration en m pour 2 milles et une couche d'eau de 1 m.

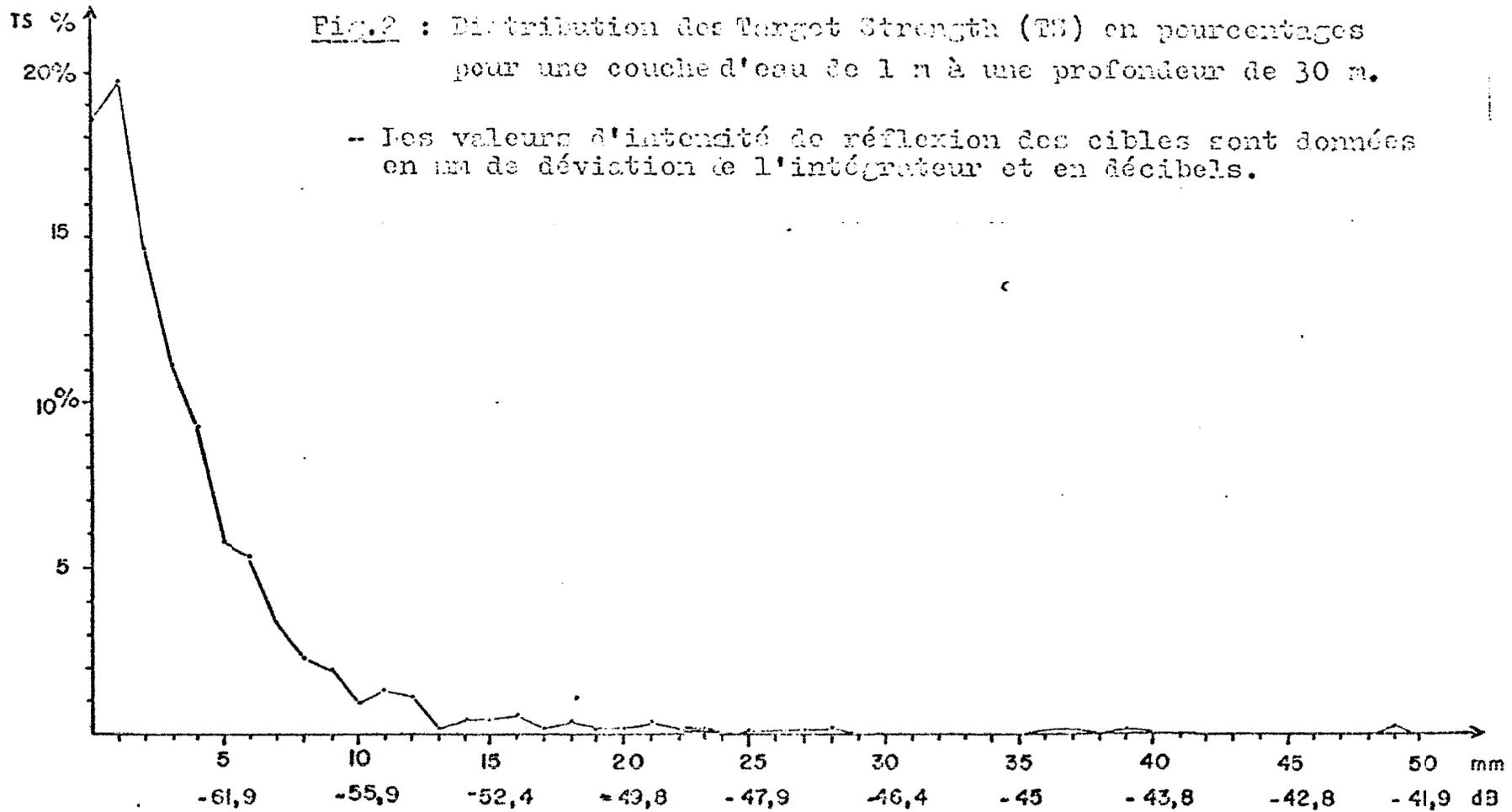


Fig.2 : Distribution des Target Strength (TS) en pourcentages pour une couche d'eau de 1 m à une profondeur de 30 m.

-- Les valeurs d'intensité de réflexion des cibles sont données en mm de déviation de l'intégrateur et en décibels.

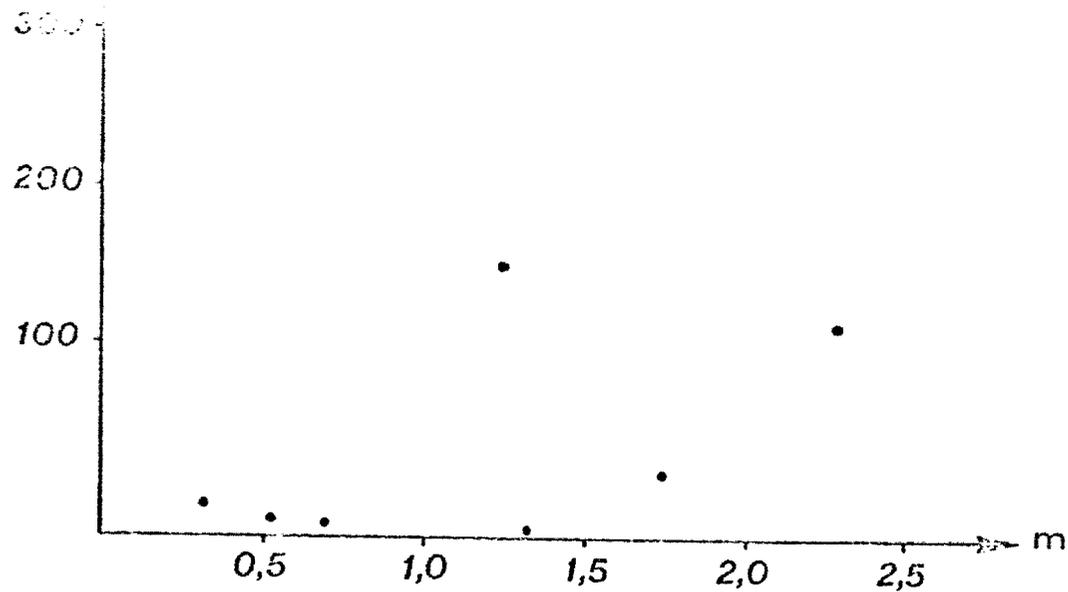


Fig. 3 : Relation entre biomasse de crustacés et intégration (campagne ECHOPREG 2).
- volume et intégration: voir Fig. 1.

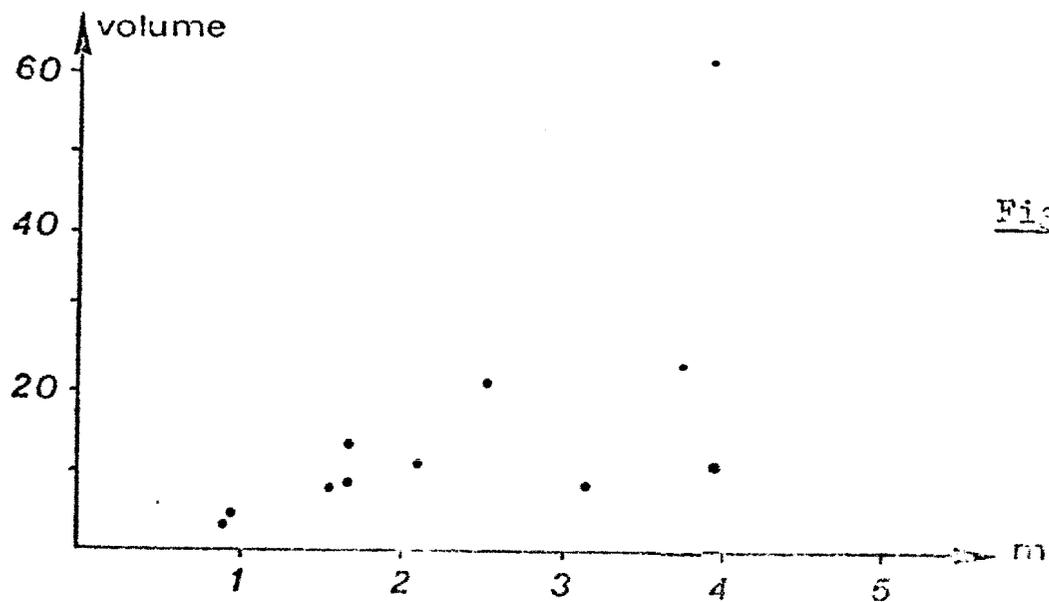


Fig. 4 : Relation entre biomasse de poissons et intégration (campagne ECHOPREG 2).
- volume et intégration: voir fig. 1.

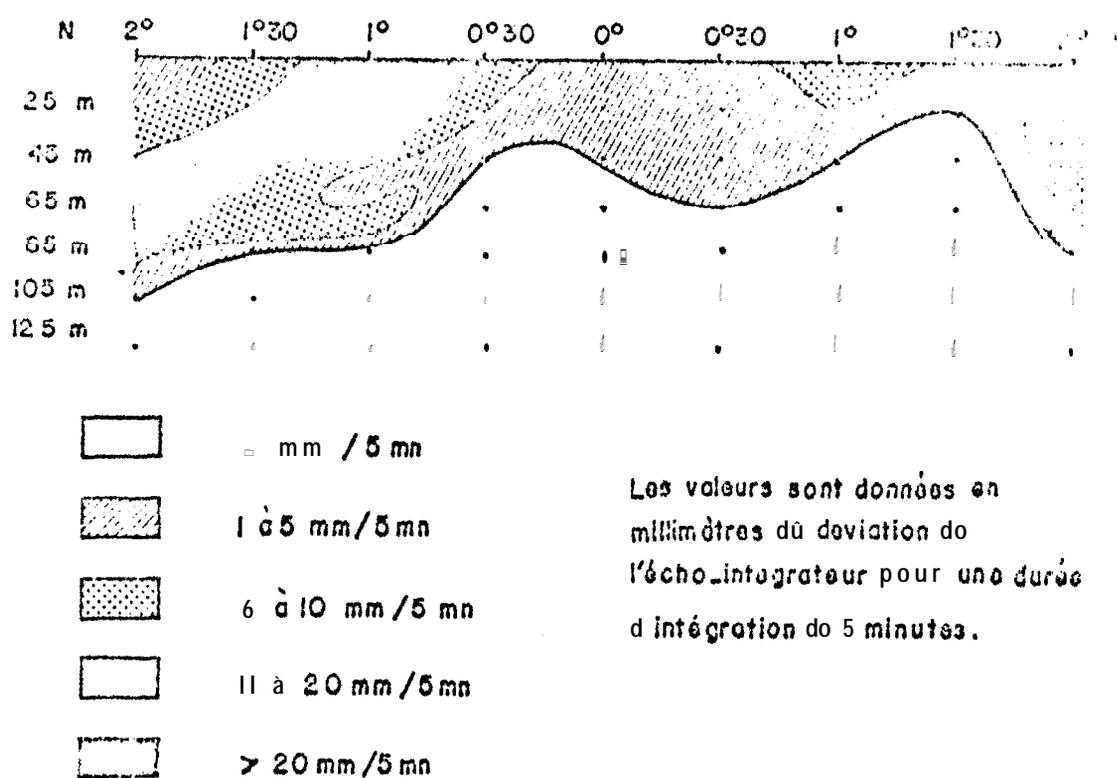


Fig. 5 : Répartition verticale du micronecton sur la radiale 10° W (campagne GATE).

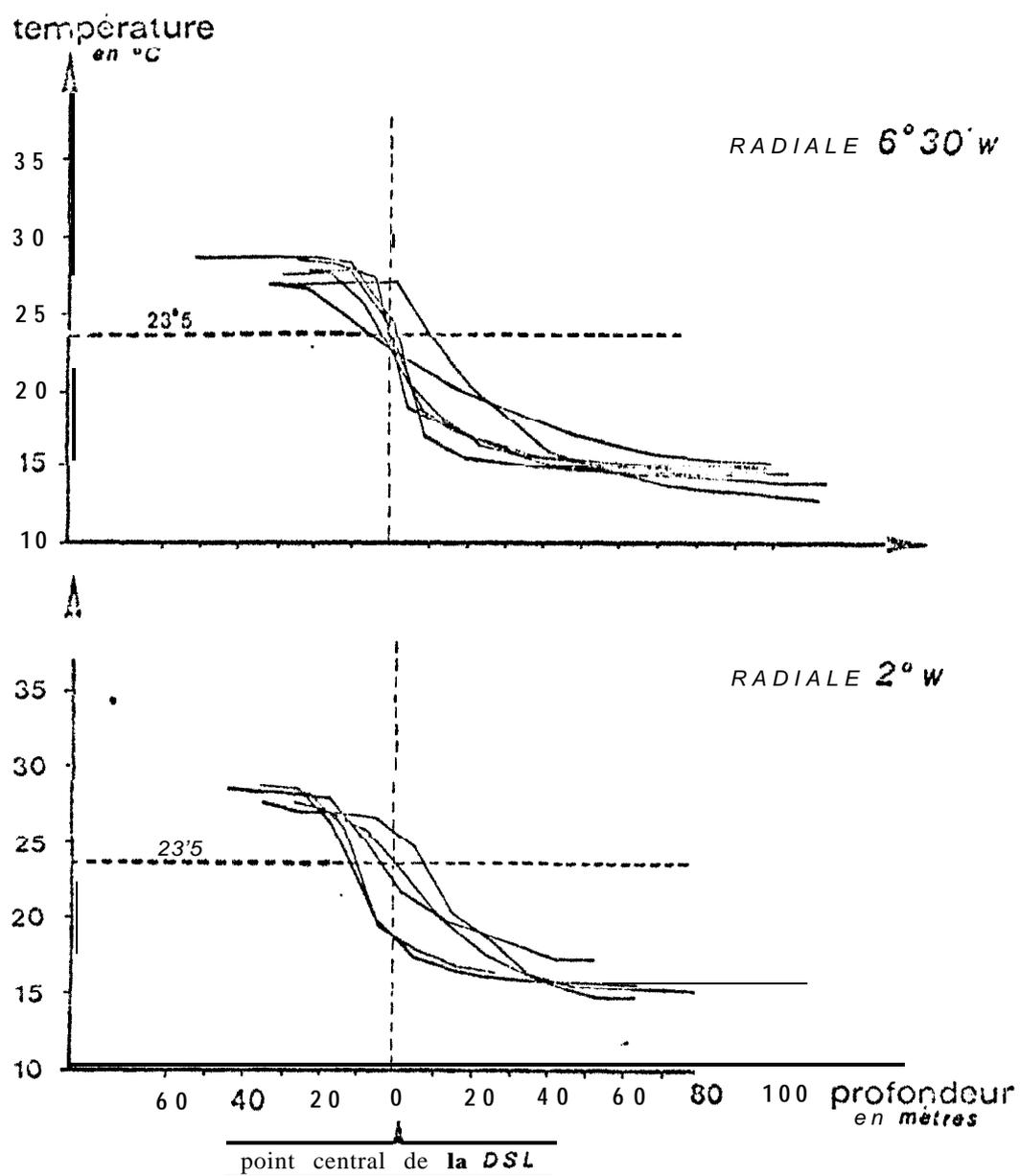


Fig.6 : Influence de la thermocline sur la profondeur de la DSL (campagne CAP 7604).

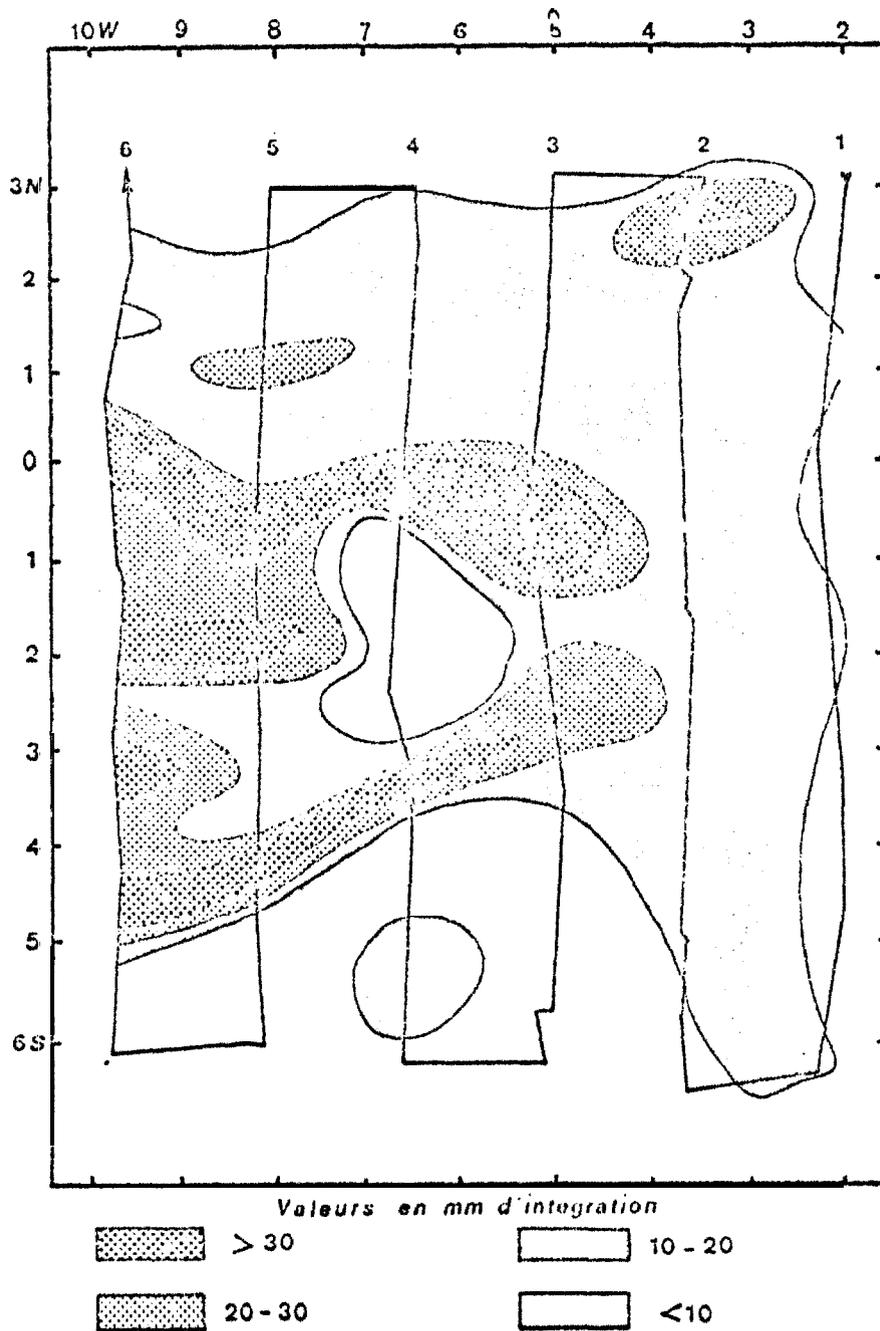


Fig.7 : Carte de répartition des densités de micronecton établie au cours de la campagne CAP 7604.

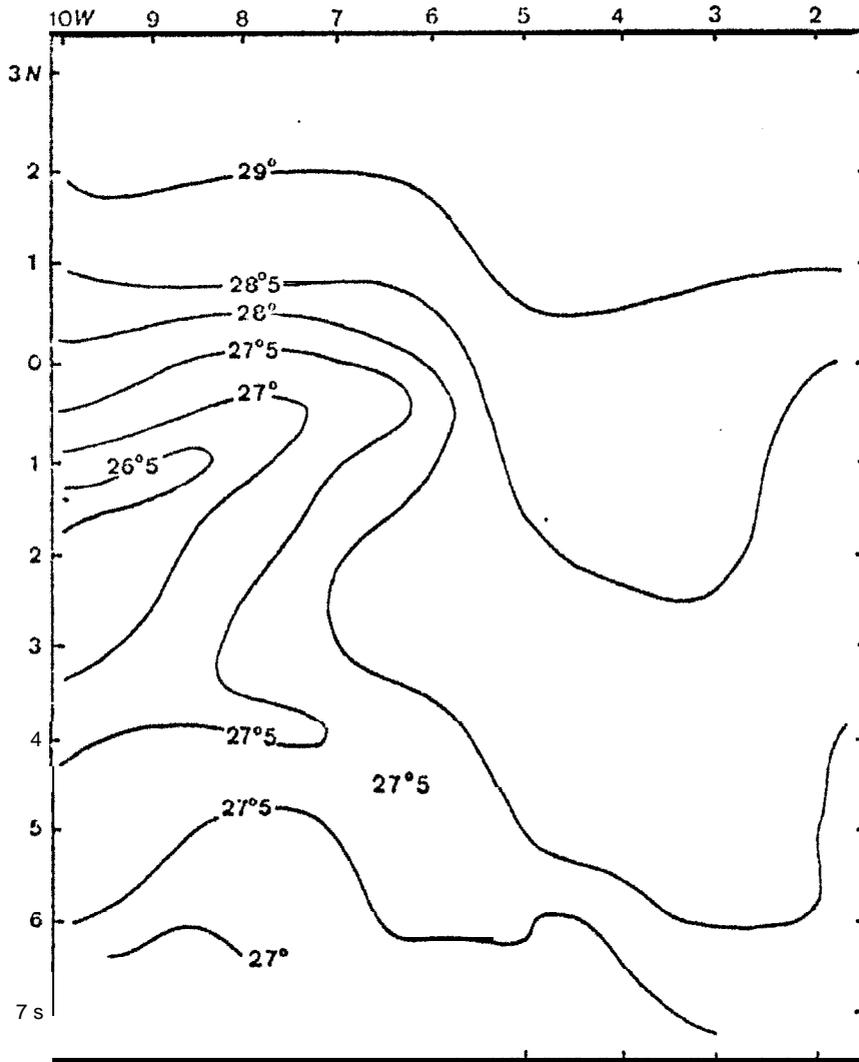
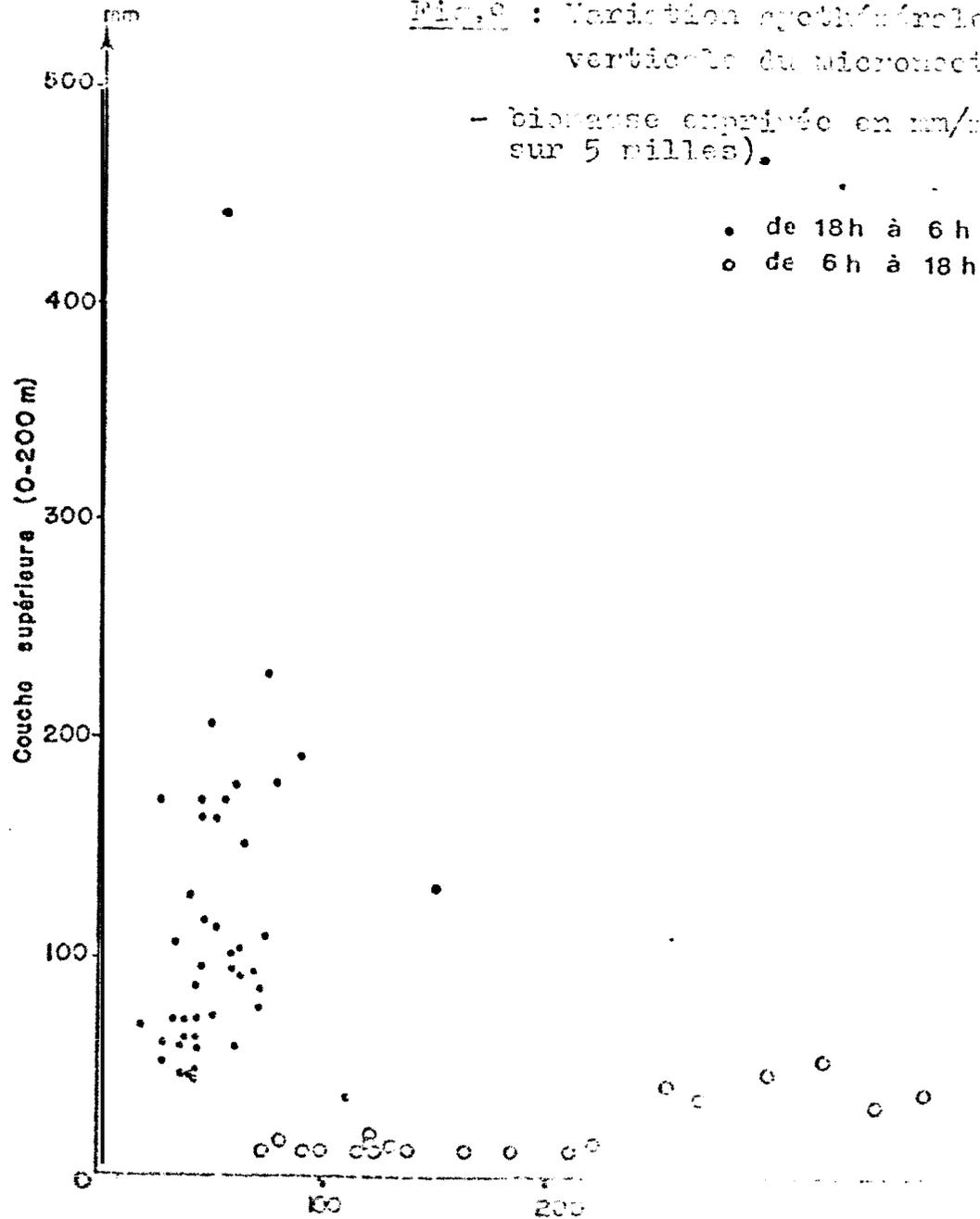


Fig. 8 : Isothermes de surface (campagne CAP 7604).

Fig. 9 : Variation cyclothériole dans la répartition
verticale du micronecton (campagne GATP).

- biomasse exprimée en mm/mille (valeur moyenne
sur 5 milles).



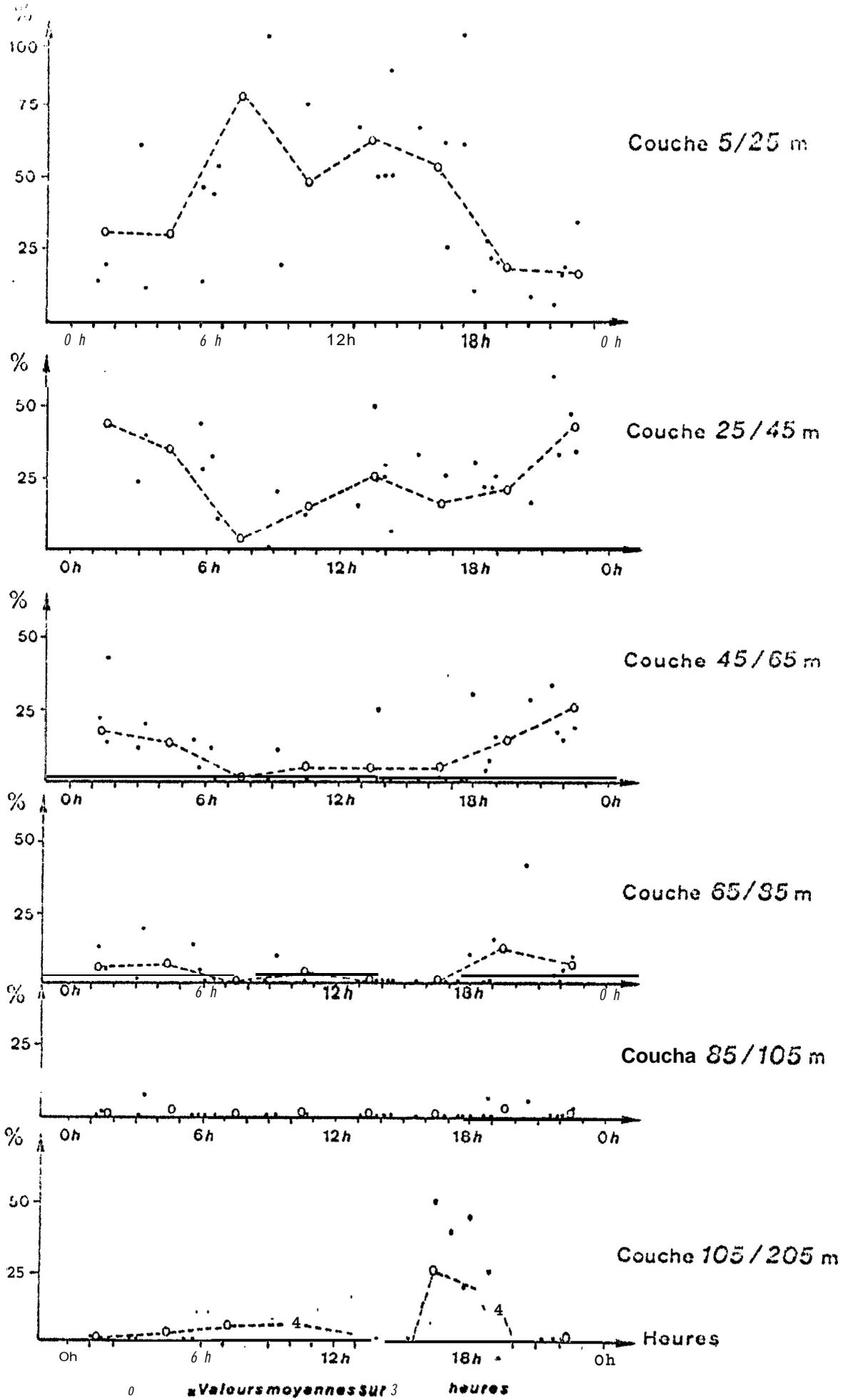
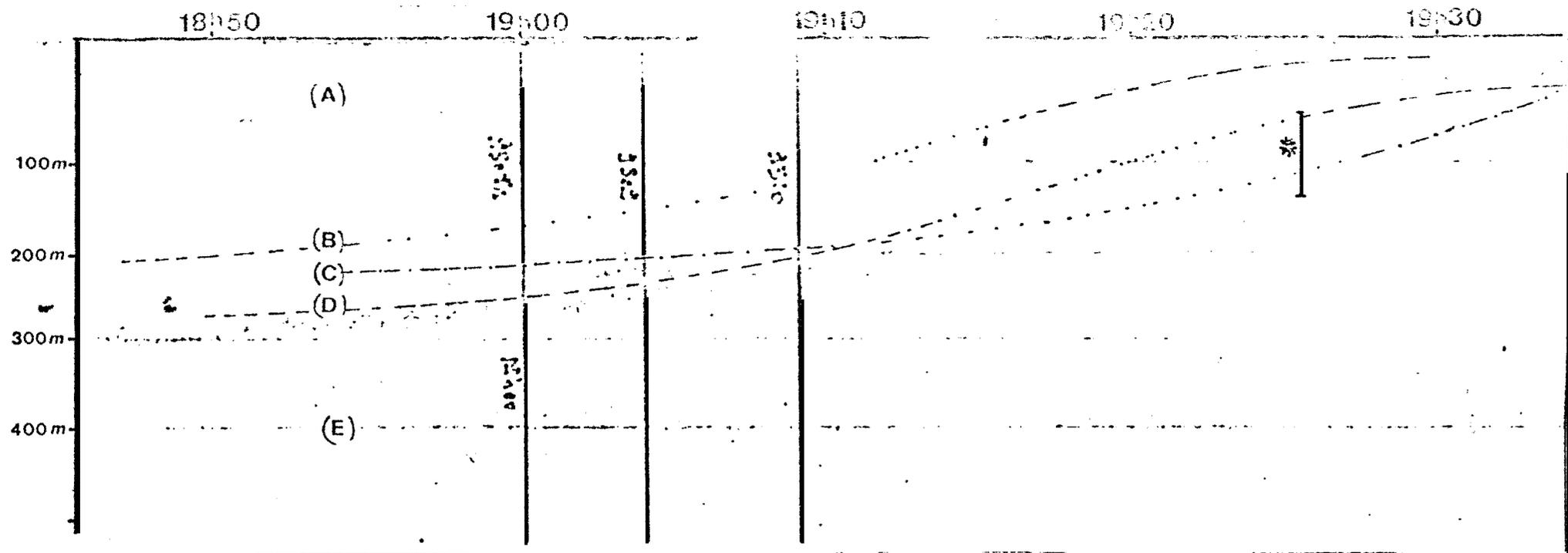


Fig.10 : Mouvements quotidiens du micronekton à travers différentes couches d'eau (campagne GATE).



- * Les couches ne sont plus détectables par le sondeur lors de leur passage dans la couche 75 à 150 m
- couches non migratrices : (A) et (E)
 - couches migratrices rapides : (B) et (D)
 - couche migratrice lente : (C)

Fig.11 : Exemple de remontée crépusculaire de différentes couches diffusantes.