

J. Rech. Océanogr.
Vol. II, n°4, 1977

RÉPARTITION ET ABONDANCE ÉVALUÉES PAR ÉCHOINTÉGRATION
DES POISSONS DU PLATEAU IVOIRO-GHANÉEN
EN RELATION AVEC LES UPWELLINGS LOCAUX

E. MARCHAL ET J. PICAUT

Antenne ORSTOM - Centre Océanologique de Bretagne
B.P. 337 29273 BREST Cédex

Faculté des Sciences - Laboratoire d'Océanographie Physique
6, avenue Le Gorgeu 29283 BREST Cédex

ABSTRACT

Fish biomass has been evaluated by echointegration on the continental shelf of Ghana and Ivory Coast during two acoustic surveys on board the R/V CAPRICORNE. The first one was situated at the end of the marine warm season (May-June 1973), the second during the so-called "small cold season" (January 1974). By the mean of closed thermal profiles and drift calculations, it has been possible to point out the part played by the capes in the mechanism of some coastal upwellings. Coincidence of distribution of fish and surface temperature shows clearly the absence of fish in the centre of upwelling whereas concentrations were situated downstream or eventually at the periphery.

The average abundance had not much changed from one survey to the other at least in the common prospected surface. There was a ratio of about three between the abundance found on eastern and western parts of the shelf separated by capè Three Points. This difference should be related - at least partly - to the configuration of the shelf, much more enlarged just on the east side of the cape.

The averaged total catch for these two years should represent a little more than a third of the evaluated biomass.

I. INTRODUCTION

Deux campagnes, de durée très inégale, l'une en juin 1973 et l'autre en janvier 1974, ont été effectuées sur le plateau continental du Ghana et de la Côte d'Ivoire. Leur objectif principal était l'étude de la répartition des poissons et l'évaluation de leur biomasse par des méthodes acoustiques. Il s'y ajoutait des observations serrées de température tant de surface que de profils. Un parcours rapide de la partie ouest du plateau ivoirien a été également réalisé en avril 1976.

II. DESCRIPTION DES CAMPAGNES

1) Campagne CAP 7309 :

Elle a été réalisée du 31 mai au 3 juin 1973 sur le plateau continental du cap Saint-Paul (près de la frontière Togo-Ghana) à Abidjan (Côte d'Ivoire). Le parcours a consisté en radiales orientées selon des méridiens et espacées de 20 milles marins, les interradianales étant parcourues en diagonales (figure 2). La zone couverte s'étendait des fonds de 20 mètres au rebord du plateau. Les détections se trouvant au-delà de 110 m de profondeur n'ont pas été prises en considération, car elles dépassaient la limite de fonctionnement du sondeur utilisé en mode intégration. De très nombreuses mesures avec un bathythermographe et en enregistrement continu au thermographe de surface

O. R. S. T. O. M. 25 AVR. 1977
Collection de Référence
n° B9120 Ocea. ex1

ont assuré une très bonne couverture physique de la région prospectée. Aucune pêche d'identification n'a malheureusement pu être effectuée.

2) Campagne CAP 7401 :

Cette campagne s'est déroulée du 5 au 15 janvier 1974. Elle a permis de couvrir la totalité du plateau continental du Ghana et de Côte d'Ivoire d'un réseau de radiales orientées également selon les méridiens, mais espacées seulement de 10 milles marins. La plupart des inter-radiales ont été parcourues en diagonale, sauf dans la partie la plus élargie du plateau ghanéen. Comme pour la campagne précédente, les isobathes 20 et 120 m (rebord du plateau) limitaient la prospection. Le même type de couverture physique a été réalisé. Dix traits de chalut (8 pélagiques et 2 de fond) ont été effectués.

3) Campagne CAP 7604 :

Au retour d'une campagne au large de la Côte d'Ivoire, un parcours en dents de scie a été réalisé les 8 et 9 avril 1976 dans la région ouest du plateau continental ivoirien, du cap des Palmes à Abidjan (figure 11). Seule la partie profonde, comprise entre les isobathes 45 et 120 m a été prospectée. Les températures de surface ont été relevées toutes les trois heures.

III. MOYENS ET METHODES

1) Moyens : toutes ces campagnes ont été réalisées à bord du navire océanographique "CAPRICORNE", équipé d'un ensemble d'échointégration SIMRAD. On a utilisé un sondeur SIMRAD EK 120 (120 kHz) pour les deux premières campagnes, un EK 38 (38 kHz) pour la dernière.

2) Méthodes : les méthodes de prospection et de traitement des données ont été exposées par ailleurs. On en rappellera brièvement le principe et les points particuliers à ces campagnes.

a) Principe : Il a été établi expérimentalement (JOHANNESON et LOSSE, 1977) qu'un poisson recevant une impulsion acoustique donne un écho dont l'intensité est proportionnelle à son volume, donc à son poids. Par ailleurs l'écho global revenant de plusieurs poissons acoustiquement proches est proportionnel à ce nombre de poissons. En définitive, l'intensité d'un écho dépend, toutes choses égales par ailleurs, de la densité de poissons exprimée en poids par unité de volume. Par une intégration de tous les échos revenant d'une même émission le long d'une verticale, on peut exprimer cette densité par unité de surface. Chaque émission pourra être considérée comme un échantillonnage. Ainsi on disposera d'une série d'échantillons de l'abondance quasi-continue le long d'un parcours. L'extrapolation de ces densités observées aux surfaces situées entre les parcours permettra le calcul de la biomasse de la zone prospectée, si la relation entre réponse acoustique et densité en poissons est connue.

b) Application aux campagnes : cette relation a été déterminée par des pêches au chalut pélagique, des comptages de traces des échos sur le papier enregistreur du sondeur, et les intégrations correspondantes. Toutefois le nombre limité de mesures et la plage restreinte d'espèces, de tailles et de densités sur lesquelles elles ont porté ne permettent en aucune façon d'en fixer les limites de confiance. On négligera donc provisoirement la variabilité de cette relation, sans pour autant l'ignorer, en se basant sur le fait que des valeurs très proches les unes des autres ont été trouvées avec trois méthodes différentes.

Les deux premières méthodes se réfèrent à une même campagne, les mesures de la troisième ont été faites indépendamment en Mer Noire (JOHANNESON, 1973) et corrigées après étalonnage du système. Un aussi bon accord obtenu dans de bonnes conditions, ne doit cependant pas faire

illusion. D'autres mesures faites en d'autres circonstances sont beaucoup moins probantes sans que l'on sache s'il faut incriminer les circonstances peu favorables, l'imprécision des mesures ou la réalité de la variabilité.

TABLEAU I - Valeurs du coefficient de transformation ou constante d'intégration C, d'après trois méthodes différentes. Ces valeurs n'ont aucune signification absolue.

Méthodes d'évaluation de la densité	Espèce	Valeur de C
1 - Comptage de traces, volume acoustique et pêche d'identification	<i>Brachydeuterus</i>	5,1
2 - Pêche et volume filtré par le chalut	<i>Trachurus</i>	5,2
3 - Introduction d'un nombre connu de poissons dans une cage en filet	<i>Trachurus</i>	4,8

Une autre correction doit être apportée aux valeurs de jour. En effet une première analyse nous a montré que les valeurs nocturnes étaient en général très supérieures à celles de jour pour des raisons que nous exposerons au chapitre VI.

Les valeurs, éventuellement corrigées, ont été portées sur des cartes afin d'obtenir une représentation graphique des concentrations par le tracé de certaines isolignes. A cause de l'étroitesse générale du plateau continental, on a été amené à doubler l'échelle des latitudes par rapport à celle des longitudes : ce faisant, on introduit une distorsion importante qu'il est bon de garder à l'esprit.

Les valeurs moyennes de densité ont été calculées en les regroupant par grande-région. La distribution des valeurs n'est pas de type gaussien et la transformation globale des données de jour en nuit introduit un facteur supplémentaire de variabilité. Seule une analyse de variance portant sur plusieurs séries de données pourra permettre de fixer des limites sérieuses de confiance.

IV. DESCRIPTION DU MILIEU PHYSIQUE

Les deux campagnes ont fait l'objet d'une couverture physique assez importante. Un thermographe enregistrait en continu la température de surface. Des profils verticaux de température ont été effectués avec un bathythermographe toutes les 20 mn ou 30 mn selon la longueur des radiales. Pour chacune de ces stations les données météorologiques ont été relevées. L'étude statistique de la dérive du navire à partir des points radar effectués en moyenne toutes les 20 mn, du cap gyroscopique et de la vitesse mesurée au loch, permet de dégager un schéma de la circulation superficielle.

Etant donné le nombre considérable de mesures de température (près de 700 BT en deux campagnes) on peut se poser le problème de la variabilité de la structure thermique. Les radiales nord-sud étant effectuées dans un laps de temps assez court on peut négliger, dans le cadre de

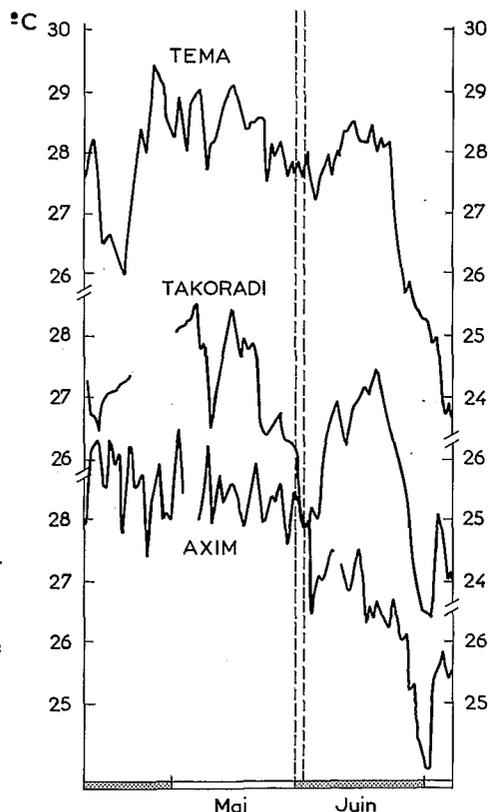


Fig. 1 - Températures de surface, stations côtières (1973)

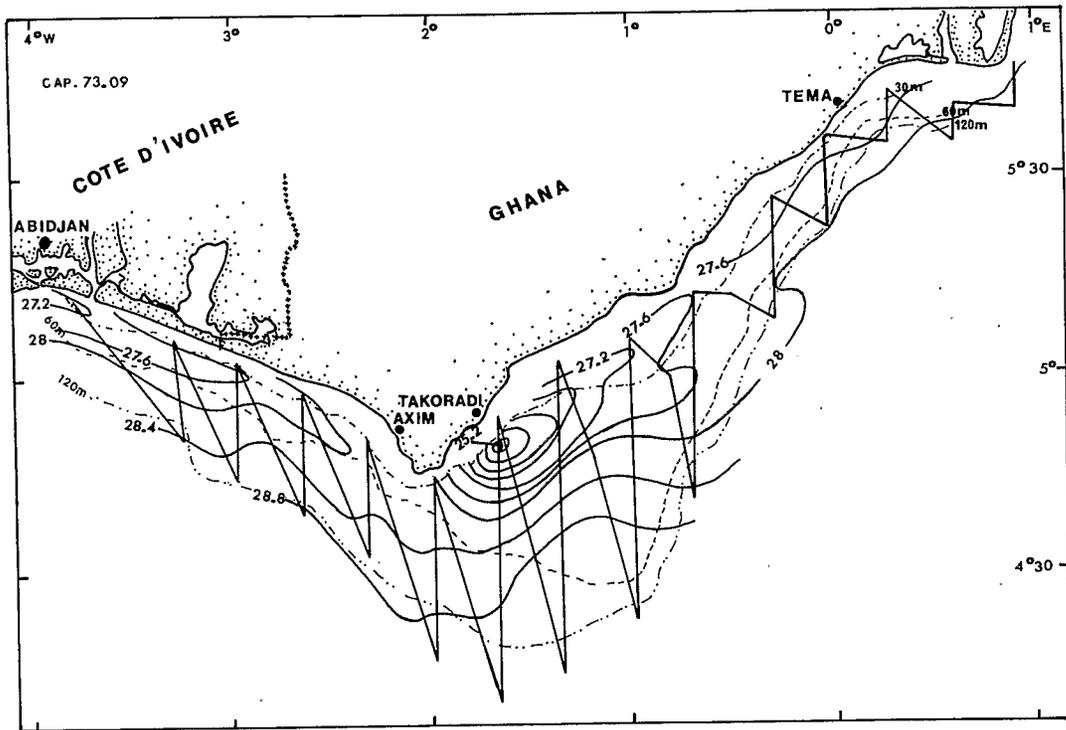


Fig. 2 - Isothermes de surface et parcours - juin 1973
(l'échelle des latitudes est le double de celle des longitudes)

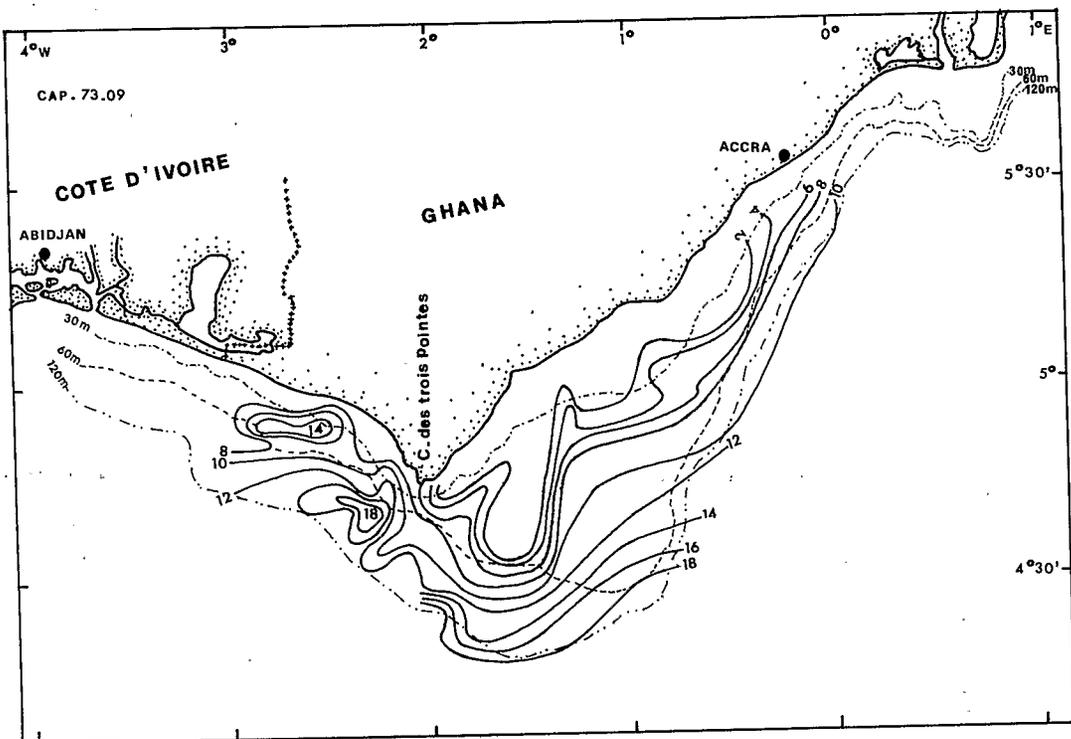


Fig. 3 - Profondeur du sommet de la thermocline en mètres - juin 1973

cette étude, les variations à courtes périodes induites par des phénomènes comme la marée, l'échauffement journalier et les variations diurnes du vent. Quant aux variations à plus longues périodes (PICAUT et VERSTRAETE, 1976) elles sont assez bien représentées par le tracé des températures de surface, relevées chaque jour en différents points de la côte (figures 1 et 5). Sur la représentation dans l'espace de la température, ces variations introduisent une distorsion dans le sens est-ouest, dans l'ensemble assez faible, compte tenu de la courte durée de ces campagnes. Ces figures 1 et 5 nous permettent aussi d'avoir une idée sur l'historique du contenu thermique et de reclasser ces campagnes par rapport aux saisons marines moyennes définies par MORLIERE (1970).

La circulation générale sur le plateau ivoirien a été étudiée par LEMASSON et REBERT (1973a). Les résultats d'une campagne effectuée au voisinage des côtes d'Abidjan au fond du golfe du Bénin (LEMASSON et REBERT, 1973b) et des mesures directes de courants en continu (HOUGHTON, 1976) nous autorisent à extrapoler le schéma moyen de cette circulation au plateau continental ghanéen : en surface s'écoule vers l'est le courant de Guinée. Maximum en mai-juin, il se renverse assez régulièrement en octobre et quelquefois entre janvier et mars. Sous ce courant, on trouve un contre-courant subsuperficiel portant ouest. Centré en moyenne sur le rebord du talus continental, il peut affleurer la surface en fin de la grande saison froide (octobre).

1) Campagne 7309 :

D'après MORLIERE (1970) et le tracé de la figure 1, cette campagne a été effectuée en fin de saison chaude. Le caractère assez stable des courants et des conditions hydrologiques en cette saison se retrouve au niveau de nos mesures.

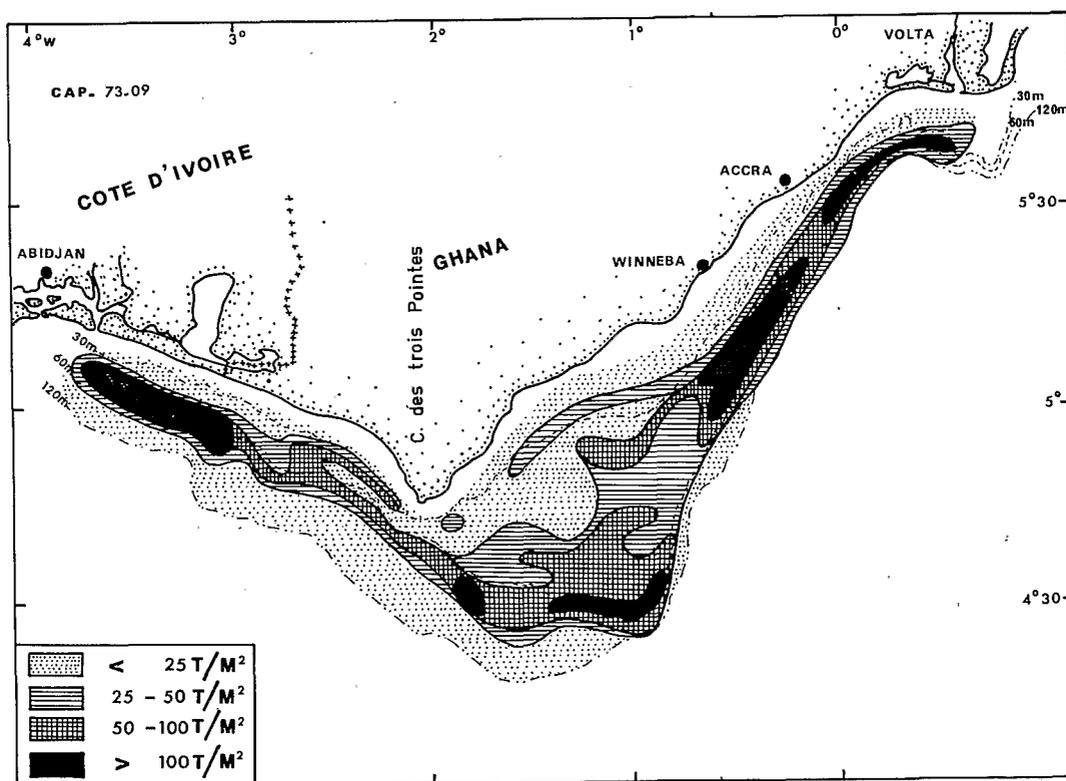


Fig. 4 - Abondance observée en juin 1973

La dérive du Capricorne et les mesures de vent se décomposent en deux séries :

TABLEAU II - Dérive du navire et vents au cours de la campagne 7309 (juin 1973)

	Téma au cap des Trois-Pointes	Cap des Trois-Pointes à la frontière ivoirienne
dérive moyenne	0.72 m/s - 69°	0.41 m/s - 103°
vent moyen	7.1 m/s - 215°	7.7 m/s - 142°
orientation de la côte	65° - 75°	100° - 115°

Le vent ayant tourné au passage du cap des Trois-Pointes, et compte tenu du trajet en dents de scie du Capricorne, on peut raisonnablement admettre que la dérive du bateau, induite par le vent, a elle aussi été symétrique de chaque côté du cap. On obtient ainsi comme valeur moyenne du courant de surface une vitesse légèrement supérieure à un noeud, résultat concordant très bien avec les moyennes de LEMASSON et REBERT (1973a) pour cette même période de l'année. Le tracé de la distribution horizontale de température à 25 m montrant très peu de diffusion latérale autour des taches d'eaux froides, on peut situer vers cette profondeur le maximum de pénétration du courant de Guinée.

Les tracés de la température de surface (figure 2) et de la profondeur de la thermocline (figure 3) révèlent la présence de deux zones d'upwelling et d'une zone de plongée d'eau.

Le premier upwelling, situé devant Takoradi, est caractérisé par sa forte intensité compte tenu de la faible dimension de la source (4°C d'écart entre celle-ci et le large).

Symétrique par rapport au cap des Trois-Pointes, on note une plongée d'eau, au-dessus des fonds de 40 m, la thermocline accusant une dépression de 5 à 10 m. Plus au large on note une deuxième zone de plongée d'eau (figure 3).

Ces deux phénomènes opposés s'expliquent par l'action directe du vent et la présence du cap des Trois-Pointes. En effet, dans le cas d'un courant de surface suffisamment rapide, la présence d'un cap crée une accumulation d'eau en amont, donc une plongée d'eau de surface, et en aval, une dépression compensée par une remontée des eaux de fond.

Les mesures de vent obtenues à chaque station BT peuvent se décomposer en deux séries séparées par un bref maximum de 18 m/s dans le 325°. Sur chacune de ces séries les principales oscillations correspondent à la variation diurne. Si l'on se réfère aux valeurs moyennes de vent et d'orientation de la côte du précédent tableau et sachant que le transport résultant d'EKMANN sur un fond de 30-60 m, se fait à environ 60-80° à droite du lit du vent, on obtient deux phénomènes opposés de part et d'autre du cap des Trois-Pointes :

- transport d'eau de la côte vers le large, compensé par une remontée d'eau de fond, à l'est du cap ;

- transport d'eau du large vers la côte, créant une accumulation d'eau et par suite une plongée de ces eaux, à l'ouest du cap.

Le deuxième upwelling (figure 2) semble tirer son origine de l'important canyon sous-marin situé devant Abidjan, appelé Trou-sans-fond. Un tel phénomène a déjà été observé au large de la Mauritanie (GOSTAN et GUIBOUT, 1974), et PEFFLET et O'BRIEN (1976) ont montré la génération d'upwelling par des canyon sous-marins, à partir d'un modèle numérique à trois dimensions. Bien que cet upwelling semble en général localisé au bord ouest du Trou-sans-fond, son

effet ne doit pas être négligé car il pallie à sa faible intensité par une fréquence d'apparition assez élevée et par advection en présence du courant de Guinée, ses effets peuvent se faire sentir encore assez loin (figure 2), (PICAUT, travaux non publiés).

2) Campagne 7401 :

Cette campagne a été effectuée en plein milieu de la petite saison froide (figure 5). Cette période de l'année est caractérisée par des chutes de température brutales et assez brèves, au mécanisme encore mal connu.

Le vent observé pendant les huit jours de la campagne semble se décomposer en trois séries (Tableau III). Le vent de secteur NE correspond à un régime d'harmattan très fréquent à cette période de l'année. Ce vent s'oppose au vent dominant du large et la grande variabilité, tant en vitesse qu'en direction qui résulte de ces deux régimes, écrase quelque peu cette moyenne, les maxima observés ne dépassant pas 6-7 m/s. L'influence du facteur éolien est probablement faible sinon négligeable, contrairement à la campagne précédente.

Cette grande variabilité se retrouve au niveau des courants et de la structure thermique. L'étude de la dérive du Capricorne, à partir de près de 300 points radar, nous permet cependant de dégager un schéma de circulation correspondant assez bien avec les situations hydrologiques observées (figures 6 et 8).

- De 1° E à 1°W, on note la présence d'un système de deux courants assez faibles (< 1 noeud), l'un côtier portant à l'ouest, l'autre au large portant à l'est.

- De 1° W au cap des Trois-Pointes, la circulation est caractérisée par un mouvement cyclonique induisant un upwelling. On note un renforcement des courants, tant au large (1 à 3 noeuds) qu'à la côte (0,5 à 2 noeuds).

- Du cap des Trois-Pointes à Abidjan, le courant est parallèle à la côte, relativement stable et assez fort pour cette saison (0,52 m/s - 115°) si l'on se réfère aux moyennes de LEMASSON et REBERT (1973a).

- A l'ouest d'Abidjan (4° W - 5° W) un mouvement cyclonique semble induire un upwelling interférant probablement avec celui du Trou-sans-fond.

- De 5° W à 6° W on retrouve un courant portant est, stable, parallèle à la côte (0,36 m/s - 65°) caractérisé par une eau assez chaude.

- De San Pedro au cap des Palmes on retrouve un schéma cyclonique identique à celui du cap des Trois-Pointes, bien que plus faible tant en courant (1 à 2 noeuds) qu'en intensité d'upwelling.

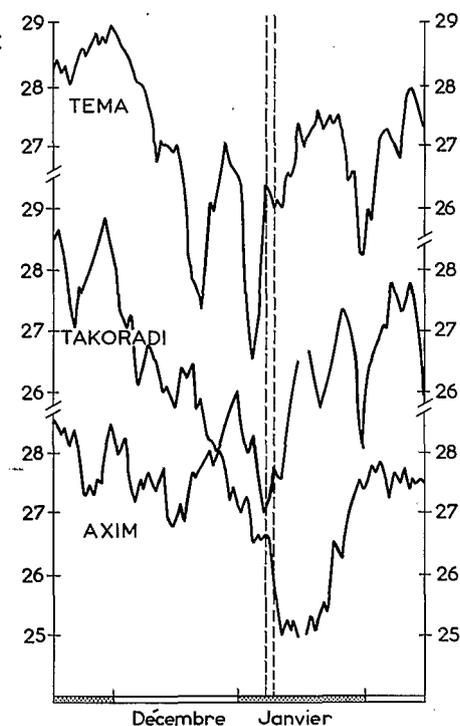


Fig. 5 - Températures de surface, stations côtières (1973-74)

TABLEAU III - Vents observés au cours de la campagne 7401 (janvier 1974)

1° E à 1° W	1° W à 5°30 W	5°30 W au cap des Palmes
2,7 m/s - 222°	1,6 m/s - 31°	1,6 m/s - 322°

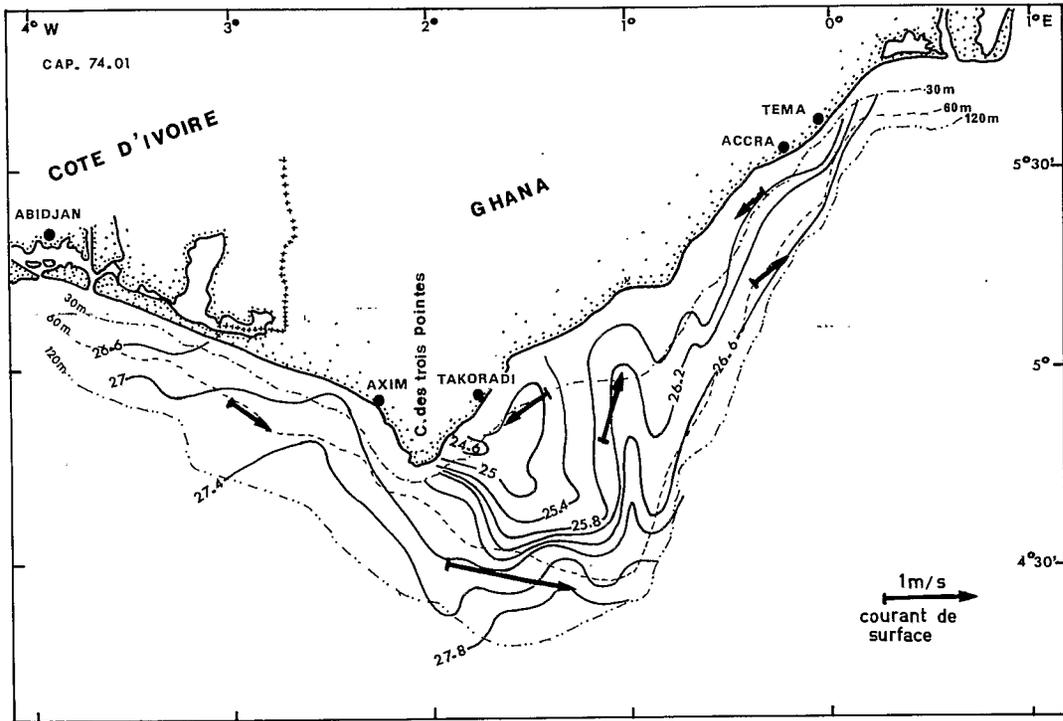


Fig. 6 - Isothermes et courants de surface - janvier 1974

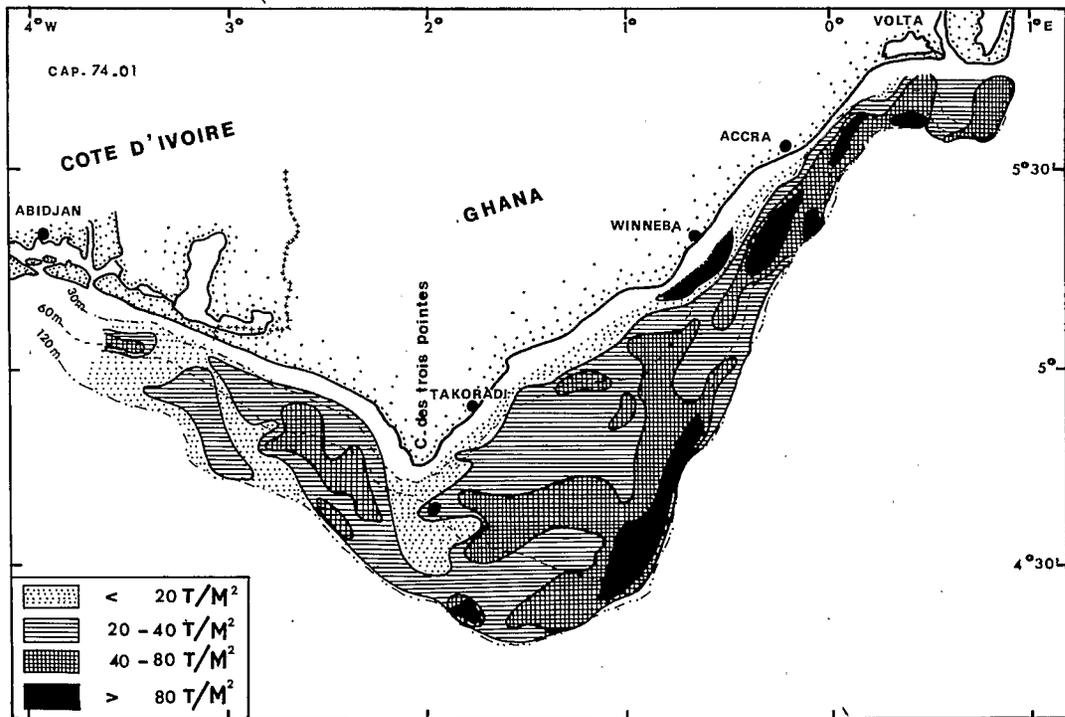


Fig. 7 - Abondance observée en janvier 1974 - Ghana

Ce système d'upwelling situé en aval des deux caps peut s'interpréter de deux manières :

- en amont des caps, le courant portant Est induit une accumulation des eaux et donc une plongée de la thermocline.

- en aval des caps, il y a amorce d'un mouvement cyclonique fortement accentué par la présence d'un courant côtier portant ouest, induisant un upwelling intense mais très localisé. Ce courant côtier semble avoir un caractère transitoire (LEMASSON et REBERT, 1973a - MORLIERE et REBERT, 1974 - INGHAM, 1970) et porte le nom de "Forcados Current" au Nigeria. Son origine serait à relier à la pente provenant de l'accumulation d'eau dans le fond du golfe du Bénin, non équilibrée par les vents en régime d'harmattan. On pourrait l'expliquer aussi par l'affleurement du sous-courant côtier. On peut aussi imaginer que pour des conditions particulières de courant l'effet de cap induit un mouvement cyclonique important. Le courant portant ouest correspondrait donc à la branche côtière du mouvement tourbillonnaire et serait donc une conséquence de l'upwelling.

3) Upwelling induit par les courants :

Dans le chapitre suivant, nous essayerons de déterminer les influences probables des situations physiques précédemment décrites sur la répartition de la biomasse. Ces deux campagnes mettant en évidence l'existence de mouvements verticaux induits par les courants en présence de caps et de canyon sous-marins, il nous est apparu nécessaire de nous appesantir quelque peu sur cet effet dynamique.

La comparaison des moyennes mensuelles de 1969 à 1973 des mesures côtières journalières de part et d'autre du cap des Trois-Pointes montre clairement que l'effet de cap est quasi-permanent.

TABLEAU IV - Températures de surface à Takoradi et Axim (Ghana) - Moyennes de 1969 à 1973

Stations	Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy.
Takoradi		25.50	26.74	26.94	27.05	27.06	26.00	22.47	20.40	21.55	24.83	27.22	26.62	25.20
Axim		27.40	27.96	28.45	28.64	28.43	26.83	25.27	23.56	24.13	26.25	27.81	27.90	26.89
Différence T - A		-1.90	-1.22	-1.51	-1.59	-1.37	-0.83	-2.80	-3.16	-2.58	-1.42	-0.59	-1.28	-1.69

La campagne 7309 ne peut correspondre à une situation moyenne en mai-juin. En effet, le vent observé est très supérieur à la moyenne de cette époque (7,5 m/s contre 2,5 m/s) et d'autre part le caractère symétrique de ce vent de part et d'autre du cap des Trois-Pointes (Tableau II) ne peut avoir qu'un caractère accidentel, une étude statistique des vents au large et à la côte montrant que de 0° à 7° ouest le vent oscille toute l'année autour de la même direction, à savoir le sud-ouest.

Par contre la campagne 7401 est représentative de la petite saison froide et l'existence de vent faible de secteur nord montre que les upwellings de Takoradi et Tabou observés sont très probablement induits par l'effet des courants en présence des caps.

Le régime des courants doit donc jouer un rôle important sur le mécanisme des mouvements verticaux dans cette région. On peut supposer que le déclenchement du grand upwelling de juillet est en partie dû à l'augmentation de l'intensité du courant de Guinée (30 cm/s en mars à 65 cm/s en juin) par effet de cap et relèvement des isothermes par équilibre géostrophique (INGHAM, 1970). D'autres facteurs comme la diminution du rayonnement (14 Kcal/cm² en mars à 7,5 Kcal/cm²

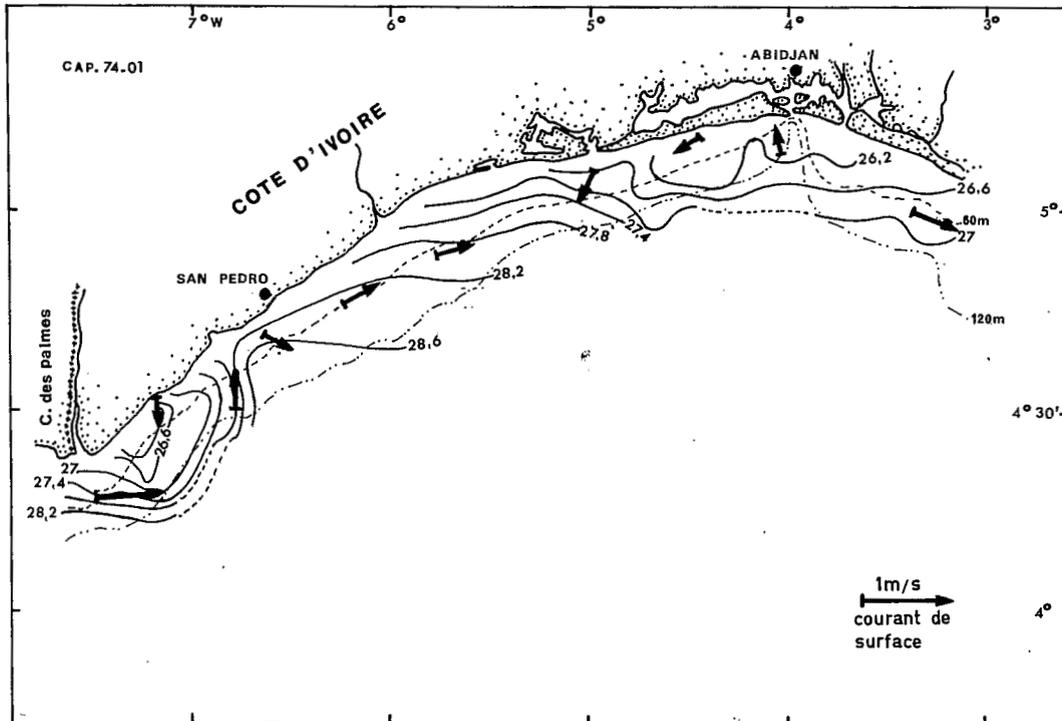


Fig. 8 - Isothermes et courants de surface - janvier 1974

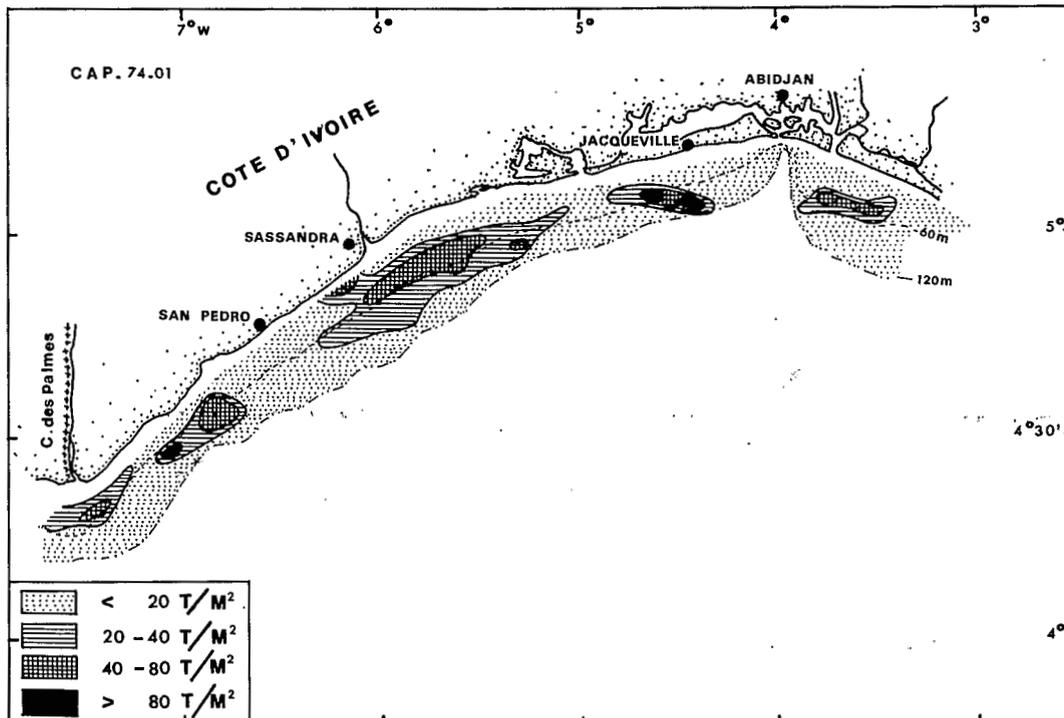


Fig. 9 - Abondance observée en janvier 1974 - Côte d'Ivoire

en juillet), l'augmentation du vent (2m/s en avril à 4m/s en juillet), (VERSTRAETE, 1970), l'influence climatique de l'hémisphère austral par advection (MERLE, 1977) et la superposition d'ondes longues, interviennent pour expliquer ce brusque refroidissement.

V. RESULTATS DE L'EVALUATION ACOUSTIQUE

1) Campagne CAP 7309

a) Evaluation :

Le rapport global des valeurs de nuit à celles de jour a été trouvé égal à 2,8. Les résultats sont indiqués dans le tableau ci-dessous dans lequel les densités sont exprimées en tonnes au mille carré, les surfaces en milles carrés et les biomasses en milliers de tonnes.

TABLEAU V - Densité et biomasse observées en juin 1973
Ghana et Côte d'Ivoire

Régions	Densité moyenne T/mille ²	Surface prospectée mille ²	Biomasse estimée x 10 ³ T
Est du cap Trois-Pointes	39,9	4 213	170
Cap Trois-Pointes - Abidjan	44,6	1 776	80
Région entière	41,7	5 989	250

b) Répartition (figure 4) :

De la rivière Volta à Winneba une concentration étirée se trouvait sur les fonds de 45 à 60 m environ. Elle se présentait de nuit sous la forme d'une couche située entre 20 et 30 m de profondeur, se morcelant en petits bancs de jour au moins devant Tema. Entre Tema et la rivière Volta, il s'agissait certainement de petits poissons (anchois ou jeunes d'autres espèces) d'après les intensités des échos. Les poissons situés à l'ouest de cette concentration paraissaient nettement plus grands.

Une concentration en couche de 30 à 50 m se trouvait entre 1°W et 2°W sur les fonds de 60 à 80 m. De jour ces poissons formaient des bancs détectables au sonar. On suppose qu'il s'agissait de sardinelles et/ou d'anchois. Sur le talus continental (fonds de 200 m) on a détecté, mais non intégré, des bancs près du fond. Des chalutiers ghanéens étaient en train de pêcher. D'après les informations fournies par les scientifiques ghanéens embarqués à bord du Capricorne il pouvait s'agir de maquereaux.

Entre le cap des Trois-Pointes et la frontière ivoirienne, peu de poissons ont été rencontrés, à l'exception de quelques petits bancs dont certains étaient trop proches de la surface pour être détectés.

Enfin, une concentration importante a été localisée sur les fonds de 40 à 60 m environ à l'ouest de la frontière. L'enregistrement graphique montre qu'il y avait en fait deux couches différentes de poissons superposées, correspondant vraisemblablement à des anchois dans la couche supérieure et peut-être à des prédateurs (maquereaux ?) dans la couche inférieure.

c) Relations avec les conditions physiques :

Une simple observation des figures 2, 3 et 4 montre qu'il existe une relation assez nette entre la situation thermique et la répartition des concentrations de poissons. On remarque que celles-ci sont absentes de toute la zone d'upwelling sur le plateau de Takoradi. On peut l'expliquer par la présence d'un gradient horizontal de température important et par la pauvreté en oxygène de ces eaux fraîchement remontées.

Par contre on observe des concentrations importantes en aval des deux zones d'upwelling. Avec un courant de surface d'un peu plus d'un noeud (chapitre IV) il faut de 4 à 10 jours pour transporter ces eaux initialement riches en sels nutritifs dans les zones où ont été rencontrées les concentrations. D'après BINET (1973) ce délai devrait suffire au développement d'une population de Copépodes. Les zones de plongée (large et ouest du cap des Trois-Pointes) paraissent être également évitées par les poissons, les eaux vieilles du large étant vraisemblablement appauvries en sels nutritifs par épuisement.

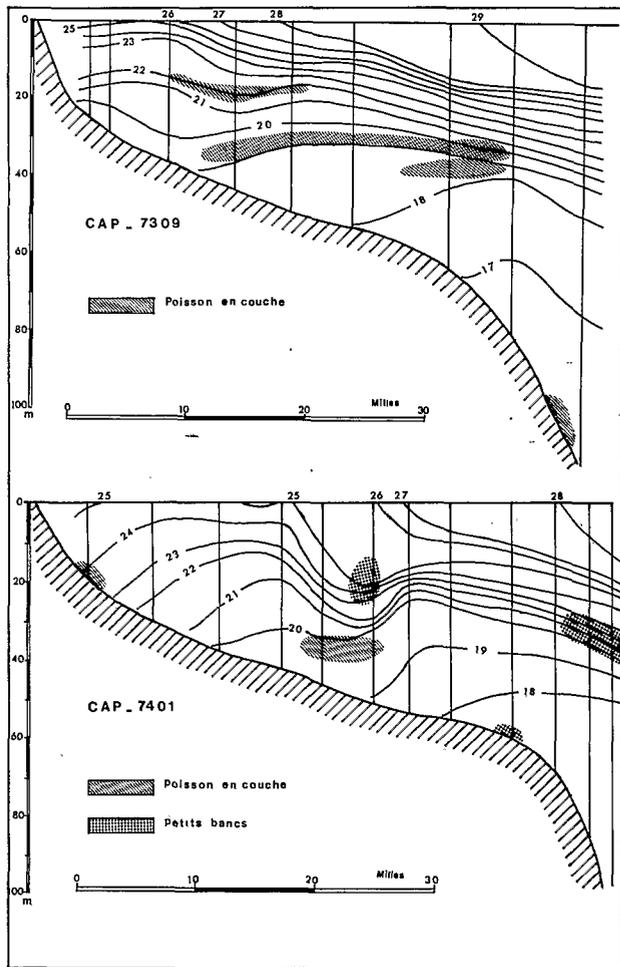


Fig. 10 - Structure thermique et répartition des poissons sur la radiale de Takoradi. En haut, juin 1973 - en bas, janvier 1974

La cohérence relative de la répartition des concentrations de poissons peut s'expliquer par la stabilité de la situation hydrologique de grande saison chaude depuis le début du mois de mai, à l'exception de variations dans l'upwelling de Takoradi (figure 1).

Du point de vue répartition bathymétrique on notera que la profondeur où se trouvaient les couches de poissons correspond la plupart du temps au point bas de la thermocline, et plus précisément autour de l'isotherme 19°C. La figure 10 fournit un exemple de la répartition bathymétrique des couches de poissons sur la radiale de Takoradi passant par le centre observé de l'upwelling. Cette coupe nous montre également que l'isotherme 19°C atteint le fond vers 40 m, précisément là où s'arrête la concentration de poissons.

2) Campagne CAP 7401

a) Evaluation :

Le rapport général entre les valeurs de nuit et celles de jour a été trouvé égal à 1,9. Ce rapport a varié dans de larges limites au cours de la campagne. Cependant deux régions peuvent être distinguées tant du point de vue abondance que rapport nuit/jour. Il est commode de les séparer au niveau du cap des Trois-Pointes. Un rapport a été calculé pour chacune de ces deux régions et a servi de facteur de correction pour les valeurs de jour. On a subdivisé la région ouest au niveau d'Abidjan (Tableau VI).

b) Répartition :

De la rivière Volta à l'ouest d'Accra une concentration plus ou moins morcelée se trouvait au-dessus des fonds de 30 à 60 m. Elle était constituée surtout de petits bancs, certains proches de la surface, d'autres sur le fond (40 à 50 m). Des senneurs locaux étaient en pêche devant Tema.

Devant Winneba, sur les fonds de 15 à 20 m se trouvait une très importante concentration,

dont l'extension vers la côte n'a pu être déterminée, constituée par un mélange d'anchois de 5-10 cm, de *Sardinella eba* de 3-5 cm et *Sardinella aurita* de 5-7 cm d'après un trait de chalut effectué à cet endroit.

Une concentration très étendue mais de faible densité entourait en quelque sorte le plateau de Takoradi. Au sud de cette ville, sur les fonds de 45 m, un trait de chalut pélagique était composé de jeunes *Brachydeuterus auritus* (6-10 cm), d'*Harengula rouxi* (10 cm), de *Sardinella eba* (14 cm). De très nombreuses larves d'anchois étaient accrochées aux mailles du chalut. De 55 à 70 m environ, une concentration plus dense, en forme de couche continue entre 22 et 25 m de la surface, était constituée de *Balistes capriscus* de 18 à 23 cm.

Au sud du cap des Trois-Pointes un grand banc évalué à 600 tonnes a été détecté au-dessus des fonds de 60 m, à une profondeur moyenne de 40 m ; il s'agissait d'anchois de 8-9 cm de longueur.

A l'ouest du cap des Trois-Pointes, entre les isobathes 60 et 80 m, on notait une concentration de densité moyenne, constituée de jour par des bancs peu denses et de nuit par une couche mince composée en partie de Balistes. Ce même type de bancs se retrouvait le long du rebord du plateau, jusqu'à la frontière ivoirienne. A l'est d'Abidjan on observe une concentration au-dessus des fonds de 40 à 60 m. Un groupe de bancs paraissant correspondre à des sardinelles a été trouvé devant Jacquerville. Un essai de pêche a malheureusement été infructueux. Entre 5°W et 6°W s'étendait une concentration allongée en couches, axée sur l'isobathe 50 m. Un trait de chalut a fourni une quantité importante de Balistes, avec quelques autres espèces en proportion négligeable.

La concentration située à l'ouest de Sassandra, à la limite de la prospection (25 m), devait s'étendre plus vers la côte. Des sardiniers pêchaient à cet endroit-là, leurs captures étaient constituées essentiellement de *Sardinella eba*. Au large de San Pedro (80 m) des bancs ont été détectés au sonar, mais ont échappé au sondeur.

c) Relation avec les conditions physiques :

En comparant les figures de répartition des concentrations (figures 7 et 9) et des températures de surface (figures 6 et 8) on est amené à faire la même constatation que pour la campagne précédente : les régions, sources des upwellings, sont peu peuplées.

Sur le plateau de Takoradi on observe des concentrations denses à la périphérie du tourbillon cyclonique et une répartition morcelée en se dirigeant vers l'est. Celle-ci peut s'expliquer par l'instabilité de la situation thermique de la petite saison froide installée depuis un mois (figure 5). La répartition sur le plateau ivoirien est assez semblable, mais l'absence de structure hydrologique contrastée et la faible abondance générale ne permettent guère son interprétation.

Une coupe le long d'une radiale située sur le plateau ghanéen à la hauteur de Takoradi nous montre la position bathymétrique des isothermes et des détections. C'est au niveau de la thermocline que se trouvait le maximum de poissons, spécialement sous forme de petits bancs (figure 10).

Tableau VI - Densité et biomasse observées en janvier 1974. Ghana et Côte d'Ivoire

Régions	Rapport nuit/jour	Densité moyenne T/mille ²	Surface prospectée mille ²	Biomasse estimée X 10 ³ T
Est du Cap Trois Pointes	2,1	53,3	4213	225
Cap Trois Pointes-Abidjan	1,2	20,3	1776	36
Abidjan-cap des Palmes	1,2	17,8	2588	46
Ensemble	1,9	35,8	8577	307

3) Campagne CAP 7604 (figure 11)

Le parcours ayant été fait avec une grille très lâche au cours d'une nuit et de deux journées, le rapport des densités observées entre la nuit et le jour n'a que peu de signification. Aussi lui a-t-on préféré celui établi en janvier 1974, soit 1,2.

Tableau VII - Densités de poissons observées en avril 1976
Côte d'Ivoire ouest

Date ou région	Densité observée	Densité corrigée
première journée	5,8	7,0
nuit	31,0	31,0
deuxième journée	16,2	19,4
cap des Palmes-Abidjan	16,9	18,4

Les relevés de température de surface indiquaient la présence d'un net refroidissement ($25^{\circ}8$) devant San Pedro. Tout le reste du plateau était recouvert d'eau dont la température de surface dépassait $28^{\circ}0$. La concentration allongée se trouvait bien encore en aval de la zone plus froide.

4) Comparaison des trois campagnes

Des résultats précédents, on peut évaluer la biomasse moyenne totale à environ 250 000 tonnes, sur la partie du plateau ivoiro-ghanéen s'étendant des isobathes 20 à 120 m et de $1^{\circ}E$ à $4^{\circ}W$. De juin 1973 à janvier 1974 cette biomasse n'a pas sensiblement changé, sauf dans sa répartition.

On ne note pas non plus de différence sensible entre les densités évaluées en janvier 1974 et avril 1976 sur le plateau ivoirien entre Abidjan et le cap des Palmes.

Ceci indique que la biomasse totale ferait preuve d'une assez grande stabilité à l'échelle d'une vaste région.

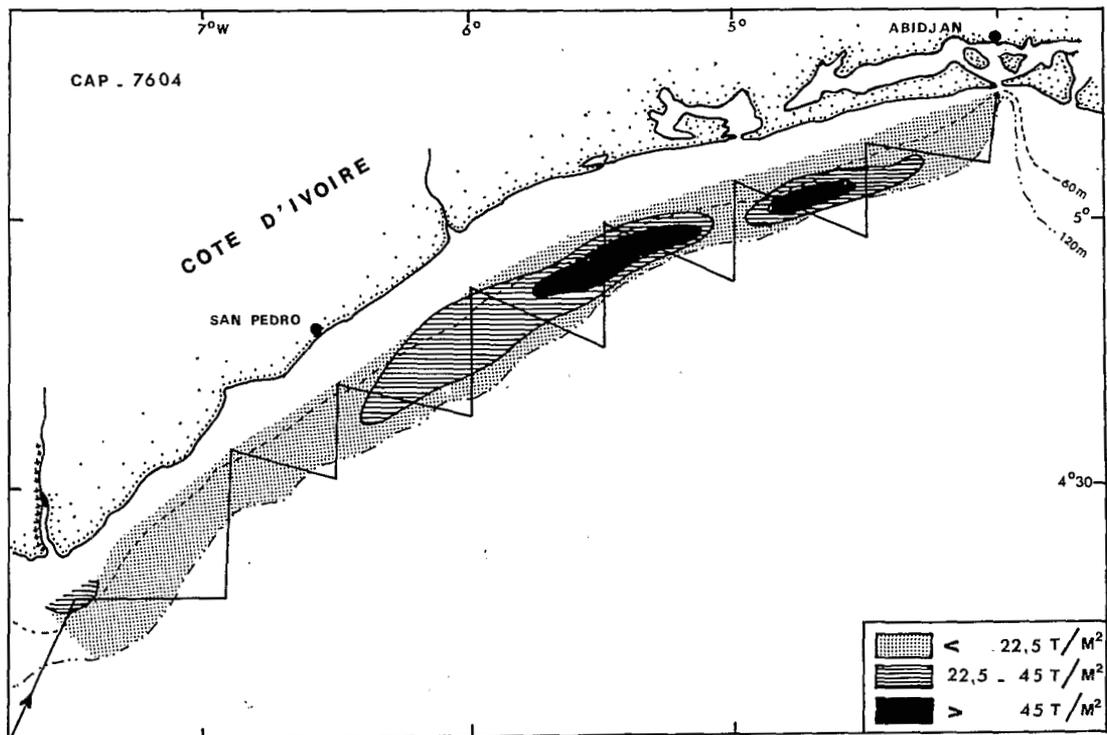


Fig. 11 - Abondance observée en avril 1976

VI. ESSAI DE PARTITION DE LA BIOMASSE

Seule la campagne 7401 a couvert toute la région et peut permettre de tenter de scinder la biomasse totale entre ses grandes composantes. Pour cela on s'est servi des observations concernant le comportement du poisson, notamment par l'analyse du rapport d'abondance nuit/jour, des pêches d'identification et des évaluations de la biomasse démersale faites à partir des données des campagnes G.T.S. (Guinean Trawling Survey, 1963-64).

1) Comportement nycthémeral

La figure 12 représente des valeurs moyennes de densité calculées par demi-journées (jour et nuit) observées au cours de la campagne 7401. On a porté en abscisse les jours (janvier 1974) ainsi que quelques points géographiques remarquables. Le rapport nuit/jour a également été indiqué. Signalons que la pleine lune se situait le 8 janvier. On a considéré séparément les abondances observées de nuit et de jour. L'évolution régulière du rapport nuit/jour appelle une explication. On se souviendra tout d'abord que les différences entre le jour et la nuit peuvent tenir à plusieurs causes dont deux essentielles liées au comportement du poisson : les poissons pélagiques ont tendance à être éparpillés de nuit, ou à se disposer en couches, alors qu'ils forment des bancs de jour ; leur répartition est alors beaucoup moins homogène (sur-dispersion), mais surtout ils peuvent éviter le bateau s'ils se trouvent près de la surface.

Par ailleurs plusieurs espèces de poissons démersaux ont tendance à s'éloigner plus ou moins du fond pendant la nuit alors qu'elles en sont très proches pendant le jour. Dans ce dernier cas, les sondeurs ne les détectent que très imparfaitement, voire pas du tout.

Cette seconde cause peut être considérée comme constante tant que la composition spécifique ne change pas. D'après les résultats des campagnes G.T.S. (WILLIAMS, 1968), on peut considérer comme relativement homogène la faune strictement démersale (= benthique) du cap des Palmes au cap Saint-Paul. La comparaison des résultats de jour et de nuit de cette même campagne montre qu'environ 1/4 de la faune benthique ne quitte pas le fond la nuit, spécialement les *Pagellus* (Sparidés) dont les rendements de nuit et de jour sont sensiblement égaux.

Par contre, d'autres espèces, et notamment *Brachydeuterus auritus* dont la biomasse paraissait importante à l'ouest de la Côte d'Ivoire, ont un comportement que l'on peut qualifier de nectobenthique, se tenant à proximité du fond pendant le jour, mais s'en détachant la nuit. Dans cette catégorie entrent beaucoup d'autres espèces, dont notamment les Balistes capturées aussi bien au chalut de fond qu'au chalut pélagique et à la senne tournante et dont l'importance est devenue immense au point de surclasser toutes les autres espèces.

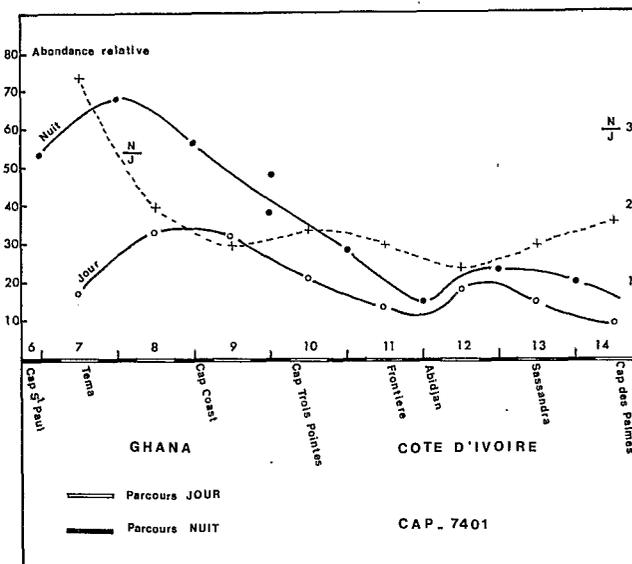


Fig. 12 - Abondance observée (moyenne par demi-journée) et évolution du rapport nuit/jour. Les nombres en abscisse indiquent les jours de janvier 1974. Les deux points pour la nuit du 9/10 se réfèrent à la moyenne \pm une seule valeur très élevée.

Si toutefois l'on admet que les nectobenthiques sont détectés de jour et de nuit, le seul mouvement des poissons benthiques ne peut expliquer les différences entre le rapport nuit/jour à l'est et à l'ouest, alors que leur densité était sensiblement égale en 1963-64 et voisine de 8 tonnes au mille carré (valeurs calculées d'après les résultats G.T.S.). Il faut donc bien admettre que cette différence est due essentiellement aux poissons pélagiques en bancs qui de jour évitent le bateau.

2) Abondances partielles

Des observations précédentes il ressort qu'il est possible de calculer les abondances de chaque catégorie de poissons, si l'on possède des évaluations séparées de jour et de nuit et si l'on connaît par ailleurs l'abondance des poissons benthiques. Le calcul a été fait en estimant que cette abondance n'a pas sensiblement changé depuis les campagnes G.T.S. (1963-64), ce qui a été effectivement vérifié pour la Côte d'Ivoire (FONTENEAU, 1970, et communication personnelle). Pour le calcul des biomasses on a pris en compte la superficie totale du plateau qui est partagé par le cap des Trois-Pointes en deux parties sensiblement égales de 5 000 milles carrés chacune.

Tableau VIII - Densités et biomasses des différentes catégories de poissons
Extrapolation à la totalité du plateau continental

Catégories Régions	Benthiques		Nectobenthiques		Pélagiques		Total	
	Dens. T/mille ²	Biom. x 10 ³ T	Dens.	Biom.	Dens.	Biom.	Dens.	Biom.
Est Trois-Pointes	8	40	21	105	26	130	55	275
Ouest Trois-Pointes	8	40	12	60	1	5	21	105
Ghana + C.Ivoire	8	80	16	165	13	135	38	380
Pourcentage		21		43		36		

On doit noter que la prospection n'a pas été effectuée sur les fonds inférieurs à 20 m. Or la plupart des bancs pêchés par les senneurs ivoiriens en Côte d'Ivoire sont situés entre les fonds de 20 m et la côte. Ils n'ont donc pas été détectés. La biomasse pélagique est de ce fait sous-estimée : 5 000 tonnes de pélagiques ne représentent même pas le quart de ce qui est pêché dans l'année. Corrélativement, la biomasse des nectobenthiques est sur-estimée.

De plus la distinction entre pélagique et nectobenthique est uniquement basée sur le comportement grégaire diurne : de ce fait il faudrait plutôt parler de poissons "en bancs" et de poissons "dispersés" de jour. De ce point de vue on peut affirmer qu'en janvier 1974 la pêche à la senne tournante avait beaucoup plus de chance de succès à l'est du cap des Trois-Pointes qu'à l'ouest.

VII. PECHE, ABONDANCE ET PRODUCTIVITE

D'après les statistiques publiées par la F.A.O., la pêche au Ghana et en Côte d'Ivoire a été de 129 000 tonnes en 1973 et 152 000 tonnes en 1974.

Globalement, la pêche en Côte d'Ivoire correspond à 18 % du total. La biomasse évaluée en janvier 1974 aurait été de 84 000 tonnes en Côte d'Ivoire et 296 000 tonnes au Ghana, en tenant compte de la partie ghanéenne située à l'ouest du cap des Trois-Pointes. La biomasse "ivoirienne" représente donc 22 % de la biomasse totale, soit du même ordre de grandeur que celui de sa pêche. Si l'on se réfère au détail par catégories, on constate des différences importantes entre pêche et

estimations. La catégorie pélagique approche les 50 % du volume pêché contre 36 % pour l'estimation, les nectobenthiques par contre ne représenteraient que 23 % dans la pêche pour 43 % de la biomasse. Il ne faut pas attacher trop de signification à ces différences, cependant les Balistes entrant dans la catégorie nectobenthique et étant peu ou pas pêchés peuvent expliquer la différence d'ordre de grandeur dans cette catégorie.

Tableau IX - Statistiques de pêche du Ghana et de Côte d'Ivoire en 1973 et 1974 - Source F.A.O. (en milliers de tonnes)

Catégories	1 9 7 3		1 9 7 4		Moyenne		Total
	Ghana	C.I.	Ghana	C.I.	Ghana	C.I.	Ghana + C.I.
Benthique	13	3	7	3	10	3	13
Nectobenthique	24	4	34	4	29	4	33
Pélagique	50	11	59	11	55	11	66
Squale	2		4		3		3
Inconnu	14	8	22	8	18	8	26
Total	103	26	126	26	115	26	141

Le volume moyen annuel de la pêche correspond à 37 % de la biomasse estimée pour l'ensemble, 31 % pour la Côte d'Ivoire et 39 % pour le Ghana. Le taux d'exploitation des stocks paraît suffisamment proche pour que leur production puisse être considérée comme étant dans le même rapport que leur abondance. Ce rapport est voisin de 3 entre la région située à l'est et celle située à l'ouest du cap des Trois-Pointes. Il confirme toutes les informations tirées des statistiques de pêche et des enquêtes auprès des pêcheurs.

Une telle différence, puisqu'elle est permanente, doit avoir une cause naturelle évidente. Parmi les sources d'enrichissement de ces eaux, les upwellings quasi-permanents situés en aval du cap des Trois-Pointes au Ghana et du cap des Palmes en Côte d'Ivoire jouent certainement un rôle. Mais alors que le plateau ghanéen a une extension vers le large de 50 milles environ, le plateau ivoirien n'atteint pas 15 milles. Au Ghana la chaîne alimentaire dispose ainsi de beaucoup plus d'espace pour se développer. Le fait que l'abondance du zooplancton en Côte d'Ivoire soit plutôt liée au débit des fleuves en période de crue (BINET, 1976) n'infirme pas cette hypothèse, le seul débit important au Ghana provenant de la rivière Volta située à l'extrême est. Cependant, son rôle pourrait se révéler beaucoup plus important dans l'hypothèse d'une plus grande permanence du courant côtier portant à l'ouest. En tout état de cause, la configuration du plateau continental paraît être sinon la cause essentielle du moins une des causes principales de la différence de productivité et partant d'abondance des stocks de poissons non démersaux de ces deux régions.

CONCLUSION

Les évaluations de l'abondance des poissons obtenues à partir des mesures acoustiques sont à considérer avec prudence puisque les limites de confiance n'ont pu en être fixées. Le risque d'erreur est de toute façon moins élevé en ce qui concerne la répartition relative de cette abondance.

C'est pourquoi les deux résultats essentiels de cette étude nous paraissent être la mise en évidence de :

- La différence réelle et importante d'abondance entre les régions Est et Ouest séparées au niveau du cap des Trois-Pointes, qui est cohérente avec l'importance relative de la pêche ;

- Le rôle des caps dans le processus de remontée des eaux (upwelling) et celui probable de la configuration du plateau en aval dans l'enrichissement.

Ces deux résultats se complètent l'un l'autre dans un essai d'interprétation.

BIBLIOGRAPHIE.

- BINET, D., 1973 - Note sur l'évolution des populations de Copépodes pélagiques de l'upwelling mauritanien (mars-avril 1972).
Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, vol. IV, n°1, pp. 77-90
- BINET, D., 1976 - Biovolumes et poids secs zooplanctoniques en relation avec le milieu pélagique au-dessus du plateau ivoirien.
Cah. ORSTOM, sér. Océanogr., Vol. XIV, n°4, pp. 301-326
- FONTENEAU, A., 1970 - La pêche au chalut sur le plateau continental ivoirien : équilibre maximal des captures.
Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, vol. I, n°1, pp. 31-35
- GOSTAN, J., et GUIBOUT, P., 1974 - Sur quelques mesures de courant effectuées dans la zone d'upwelling de Mauritanie au voisinage et à l'intérieur d'un canyon.
Thethys, 6 (1-2), pp. 349-362
- HOUGHTON, R.W., 1976 - Circulation and hydrographic structure over the Ghana continental shelf during the 1974 upwelling.
J. Phys. Oceanogr., vol. 6, n°6, pp. 909-924
- INGHAM, M.C., 1970 - Coastal upwelling in the northwestern gulf of Guinea.
Bull. Mar. Sci., vol. 20, n°1, pp. 1-34
- JOHANNESSON, K., 1973 - Rapport de la mission CAP 7308 sur le CAPRICORNE.
10 pp. (non publié)
- JOHANNESSON, K., and LOSSE, G.F., 1977 - Methodology of acoustic estimations of fish abundance in some U.N.D.P/F.A.O. Resource Survey Projects.
Rapp. P.V. Réun. Cons. int. Explor. Mar, 170, pp. 296-318
- LEMASSON, L., et REBERT, J.P., 1973a - Les courants marins dans le golfe de Guinée.
Cah. ORSTOM, sér. Océanogr., vol. XI, n°3, pp. 303-316
- MARCHAL, E., et BOELY, T., 1977 - Evaluation acoustique des ressources en poissons du plateau continental ouest-africain des îles Bissagos (11°N) à la pointe Stafford (28°N).
Cah. ORSTOM, sér. Océanogr., vol. XV, n°2, H, pp.139-161.
- MENSAH, M.A., 1966 - Zooplankton occurrence over the shelf of Ghana.
Actes du Symposium sur l'Océanographie et les ressources halieutiques de l'Atlantique tropical, pp. 241-254
- MERLE, J., 1977 - Seasonal variations of temperature and circulation in the upper layers of the equatorial atlantic ocean.
Report of the GATE Workshop, Miami
- MORLIERE, A., 1970 - Les saisons marines devant Abidjan.
Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, vol. I, n°2, pp. 1-15
- MORLIERE, A., et REBERT, J.P., 1972 - Etude hydrologique du plateau continental ivoirien.
Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, vol. III, n°2, pp. 1-30
- PEFFLEY, M.B., and O'BRIEN, J.J., 1976 - A three-dimensional simulation of coastal upwelling off Oregon.
J. Phys. Oceanogr., vol. 6, n°2, pp. 164-170

PICAUT, J. et VERSTRAETE, J.M., 1976 - Mise en évidence d'une onde de 40-50 jours de période sur les côtes du golfe de Guinée.

Cah. ORSTOM, sér. Océanogr., vol. XIV, n°1, pp.3-14.

VERSTRAETE, J.M., 1970 - Etude quantitative de l'upwelling sur le plateau continental ivoirien.

Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, vol.1, n°3, pp.1-17.

WILLIAMS, F., 1968 - Report on the Guinean trawling survey.

O.A.U/S.T.R.C., vol.1, Lagos 1968, 828 p.

Manuscrit reçu le 21 - 12 - 1977

Accepté le 12 - 01 - 1978